Please
handle this volume
with care.

The University of Connecticut
Libraries, Storrs

152
M18
161413

BOOK 152.M18 c.1
MACH # DIE ANALYSE DER
EMPFINDUNGEN UND DAS VERHALTNIS D
3 9153 00004211 1

Digitized by the Internet Archive
in 2009 with funding from
Boston Library Consortium Member Libraries

http://www.archive.org/details/dieanalysederemp00mach

152
M18

Die Analyse der Empfindungen

und

das Verhältnis des Physischen zum Psychischen

von

Dr. E. Mach
weil. em. Professor an der Universität Wien

Neunte Auflage

Mit 38 Abbildungen im Text

Jena
Verlag von Gustav Fischer
1922

QP
435
M18
1922

152
M18

ALLE RECHTE VORBEHALTEN.

HERRN KARL PEARSON MA. FRS.

Professor der angewandten Mathematik und Mechanik am University College in London

als Zeichen der Sympathie und Hochachtung

gewidmet vom Verfasser.

1614 13 Gift De Sandauer 9/19/52

Vorwort zur sechsten Auflage.

Hoffentlich werden unbefangene Leser in diesem Buche die Ungeheuerlichkeiten nicht finden, welche ihm manche Autoren im Übereifer der Kritik zugeschrieben haben. Diese Schrift vertritt ja die jedermann, insbesondere jedem Naturforscher geläufige allgemeine natürliche Weltansicht, die sie eben auf ihre einfachsten und sichersten Grundlagen zurückzuführen strebt. Wenn dies nicht schon das erste Kapitel klarstellt, so hoffe ich es von dem 14. und 15. sowie von den neu hinzugekommenen Zusätzen. Letztere beziehen sich zum Teil auf verbesserte oder erweiterte Spezialuntersuchungen anderer Autoren, für deren gütige Mitteilung ich sehr dankbar bin. Sollte ich noch einmal dazu kommen, auf dem Gebiet der Sinnesphysiologie zu experimentieren, so verspreche ich mir eine besondere Förderung von den freundlichen Beiträgen der Herren Professoren Dr. L. Burmester in München und Dr. F. Hillebrand in Innsbruck. Eine Arbeit von Dr. R. Pauli „Über die Beurteilung der Zeitordnung von optischen Reizen“ kam zu spät, um hier aufgenommen zu werden.

Wien, im Mai 1911.

D. V.

Nach einer Bestimmung des Autors sollen die allenfalls noch nach seinem Tode erscheinenden Auflagen unveränderte Abdrücke der Ausgabe letzter Hand sein.

Der vom Verlag veranstaltete Druck der siebenten Auflage gestattete nun zwar die Aufnahme einer Reihe von Korrekturen nach den Randvermerken des Handexemplars, hingegen mußten

einige noch vorgesehene größere textliche Verschiebungen für diesmal zweckmäßig unterbleiben. Des weiteren hätten aber nach einem Abkommen vom Jahre 1902 die Herren Prof. Dr. A. Lampa in Prag und Dr. R. Wlassak in Wiener Neustadt entsprechend dem jeweiligen Stande der Forschung immer Zusätze zu machen. Während nun Prof. Lampa infolge amtlicher Inanspruchnahme von der Ausarbeitung der mit E. Mach besonders vereinbarten Ergänzungen und einer damit zusammenhängenden Spezialuntersuchung jetzt absehen muß, ist Dr. Wlassak der Anschauung, daß nunmehr die Bedeutung der vorliegenden Schrift jetzt weniger in Einzelausführungen und deren Ergänzungen zu suchen ist, und Zusätze seinerseits nur insoferne in Frage kämen, als sie sich mit der Stellung und dem Schicksal der prinzipiellen Gedanken des Buches in der Psychologie der Gegenwart befassen würden. Für diese Arbeit war indessen die Frist zu knapp bemessen und es müssen die beiden Herren diese ihre ergänzenden Beiträge für einen geeigneteren Zeitpunkt aufsparen.

Berlin-Johannisthal, im April 1918.

L. M.

Vorwort zur ersten Auflage.

Durch die tiefe Überzeugung, daß die Gesamtwissenschaft überhaupt, und die Physik insbesondere, die nächsten großen Aufklärungen über ihre Grundlagen von der Biologie, und zwar von der Analyse der Sinnesempfindungen zu erwarten hat, bin ich wiederholt auf dieses Gebiet geführt worden.

Freilich habe ich nur wenig zur Erreichung dieses Zieles beitragen können. Schon dadurch, daß ich meine Untersuchungen nur gelegentlich, nicht als eigentlichen Beruf, betreiben, und oft nur nach langen Unterbrechungen wieder aufnehmen konnte, mußten meine zerstreuten Publikationen an Gewicht verlieren,

vielleicht mir sogar den stillen Vorwurf der Zersplitterung eintragen. Um so mehr bin ich jenen Forschern, welche, wie E. Hering, V. Hensen, W. Preyer u. a., teils auf den sachlichen Inhalt, teils auf die methodologischen Ausführungen meiner Arbeiten Rücksicht genommen haben, zu besonderem Dank verpflichtet.

Vielleicht erscheint nun die vorliegende zusammenfassende und ergänzende Darstellung in einem etwas günstigeren Licht, indem sie deutlich macht, daß es überall dasselbe Problem war, welches mir aus den vielen einzelnen untersuchten Tatsachen entgegengeblickt hat. Obwohl ich durchaus nicht auf den Namen eines Physiologen, noch weniger auf jenen eines Philosophen Anspruch machen kann, hoffe ich doch, daß die lediglich mit dem lebhaften Wunsche nach Selbstbelehrung unternommene Arbeit eines über die konventionellen Fachgrenzen ausblickenden Physikers auch für andere nicht ganz ohne Nutzen sein wird, selbst wenn ich nicht überall das Richtige getroffen haben sollte.

Die stärkste Anregung erhielt vor 25 Jahren meine natürliche Neigung für die hier behandelten Fragen durch Fechners „Elemente der Psychophysik“ (Leipzig 1860), und am meisten gefördert wurde ich durch Herings Lösung zweier in den folgenden Blättern (S. 56 und S. 138) näher bezeichneter Probleme.

Lesern, welche aus irgend welchen Gründen allgemeineren Erörterungen gern aus dem Wege gehen, empfehle ich, das erste und letzte Kapitel zu überschlagen. Für mich hängt allerdings die Ansicht des Ganzen und die Ansicht des Einzelnen so zusammen, das ich beide nur schwer zu trennen vermöchte.

Prag, im November 1885.

D. V.

Vorwort zur zweiten Auflage.

Diese Schrift, welche bestimmt war als Apercu zu wirken, und welche als solches wohl auch gewirkt hat, wie ich aus den

gelegentlichen Äußerungen von Avenarius, H. Cornelius, James, Külpe, Loeb, Pearson, Petzold, Willy u. a. zu entnehmen glaube, erscheint nun nach 14 Jahren in neuer Auflage. Es ist dies ein etwas gewagtes Unternehmen. Denn es verträgt sich nicht mit dem Charakter der Schrift, dieselbe durch Einfügung vieler experimenteller Einzeluntersuchungen und ausführliche Berücksichtigung der seither erschienenen Literatur zu einem dicken Buche anschwellen zu lassen, Ich möchte jedoch diese letzte Gelegenheit nicht vorübergehen lassen, ohne über den mir wichtigen Gegenstand noch einmal das Wort zu ergreifen. Deshalb habe ich die notwendigsten Ergänzungen und Erläuterungen, meist in Form kurzer eingeschalteter Kapitel, eingefügt. Das eine derselben, das zweite, habe ich schon in die 1897 erschienene englische Ausgabe des Buches aufgenommen.

Meinen erkenntniskritisch-physikalischen und den vorliegenden sinnesphysiologischen Versuchen liegt dieselbe Ansicht zugrunde, daß alles Metaphysische als müßig und die Ökonomie der Wissenschaft störend zu eliminieren sei. Wenn ich nun hier auf abweichende Ansichten nicht ausführlich kritisch und polemisch eingehe, so geschieht dies wahrlich nicht aus Mißachtung derselben, sondern in der Überzeugung, daß derartige Fragen nicht durch Diskussionen und dialektische Gefechte ausgetragen werden. Fördernd ist hier nur, wenn man einen halben Gedanken, oder einen solchen von paradoxem Gehalt, jahrelang geduldig mit sich herumträgt und sich redlich bemüht, denselben zu ergänzen, beziehungsweise das Paradoxe abzustreifen. Leser, welche nach Überfliegen der ersten Seiten das Buch weglegen, weil sie nach ihrer Überzeugung nicht weiter zu folgen vermögen, werden sich eben nicht anders verhalten, als ich selbst es notgedrungen mitunter tun mußte.

Diese Schrift hat in ihrer älteren Form vielfache freundliche Aufnahme, aber auch starken Wiederspruch gefunden. Für Leser, welche auf den Inhalt näher eingehen wollen, möchte es von Belang sein zu wissen, daß Willy in seiner eben erschienenen Schrift: „Die Krisis in der Psychologie“ (Leipzig 1899), die einen

dem meinigen nahe verwandten Standpunkt einnimmt, in bezug auf viele Einzelheiten meinen Ansichten entgegentritt.

Wien, im April 1900.

D. V.

Vorwort zur dritten Auflage.

Gegen alle Erwartung war die zweite Auflage in einigen Monaten vergriffen. Ich habe nicht versäumt hinzuzufügen, was zur Verdeutlichung meiner Ansichten beitragen kann, ohne übrigens den Grundtext von 1886 im wesentlichen zu ändern. Nur zwei Stellen, Absatz 7, S. 11 und Absatz 11, S. 15 der zweiten Auflage erhielten eine schärfere Fassung. Es hat nämlich Herr Dr. A. Lampa, Privatdozent der Physik an hiesiger Universität, im Gespräche mit verschiedenen Lesern die Erfahrung gemacht, daß diese Stellen oft in einseitig idealistischem Sinne verstanden wurden, was keineswegs in meiner Intention lag. Ich bin Herrn Dr. Lampa für seine freundlichen Mitteilungen zu aufrichtigem Danke verpflichtet. Die Kapitel IX und XV, welche in der zweiten Auflage Angedeutetes weiter ausführen, sind neu hinzugekommen.

Wenn nicht alle Anzeichen trügen, so stehe ich mit meinen Ansichten doch bei weitem nicht mehr so isoliert da, als es noch vor wenigen Jahren der Fall war. Neben der Schule von Avenarius finden sich doch auch jüngere Forscher, wie H. Gomperz, welche sich auf ihren eigenen Wegen annähern. Die übrig bleibenden Differenzen scheinen mir nicht unausgleichbar. Doch wäre es verfrüht, über dieselben jetzt schon zu diskutieren. „But the question is one in which it is peculiarly difficult to make out precisely what another man means, and even what one means one's self." So spricht mit köstlichem Humor der Mathematiker W. K. Clifford (On the nature of things-in-themselfes, Lectures, II, p. 88), ein Mann, dessen Forschungsrichtung der meinigen recht nahe liegt.

Wien, im November 1901.

D. V.

Vorwort zur vierten Auflage.

Die Ansicht, welche sich allmählich Bahn bricht, daß die Wissenschaft sich auf die übersichtliche Darstellung des Tatsächlichen zu beschränken habe, führt folgerichtig zur Ausscheidung aller müßigen, durch die Erfahrung nicht kontrollierbaren Annahmen, vor allem der metaphysischen (im Kantschen Sinne). Hält man diesen Gesichtspunkt in dem weitesten, das Physische und Psychische umfassenden Gebiete fest, so ergibt sich als erster und nächster Schritt die Auffassung der „Empfindungen" als gemeinsame „Elemente" aller möglichen physischen und psychischen Erlebnisse, die lediglich in der verschiedenen Art der Verbindung dieser Elemente, in deren Abhängigkeit voneinander bestehen. Eine Reihe von störenden Scheinproblemen fällt hiermit weg. Kein System der Philosophie, keine umfassende Weltansicht soll hier geboten werden. Nur die Folgen dieses einen Schrittes, dem beliebige andere sich anschließen mögen, werden hier erwogen. Nicht eine Lösung aller Fragen, sondern eine erkenntnistheoretische Wendung wird hier versucht, welche das Zusammenwirken weit voneinander abliegender Spezialforschungen bei Lösung wichtiger Einzelprobleme vorbereiten soll.

Unter diesem Gesichtspunkt sind auch die hier mitgeteilten Einzeluntersuchungen zu betrachten. Gibt es keine Wesensverschiedenheit des Physischen und Psychischen, so wird man denselben exakten Zusammenhang, den man in allem Physischen sucht, auch in den Beziehungen des Physischen und Psychischen vermuten. Man erwartet dann zu allen Einzelheiten, welche die physiologische Analyse an den Empfindungen zu entdecken vermag, ebenso viele entsprechende Einzelheiten des physischen Nervenprozesses aufzufinden. Diese Beziehung habe ich darzulegen versucht, soweit es mir gelingen wollte.

Weitgehendes Lob und ebensolchen Tadel habe ich zu hören bekommen. Beide wünsche ich durch das oben Gesagte zu einem ruhigen Urteil zu ermäßigen. Als es mir vor ungefähr

$3^1/_2$ Dezennien gelang, den hier eingenommenen Standpunkt durch Überwindung meiner eigenen Vorurteile zu befestigen und mich von der größten intellektuellen Unbehaglichkeit meines Lebens zu befreien, gewährte mir dies einige Befriedigung. Ich kannte damals nur Kant und Herbart. Heute sehe ich nun, daß eine ganze Anzahl Philosophen: Positivisten, Empiriokritiker, Vertreter der immanenten Philosophie, und auch sehr vereinzelte Naturforscher, ohne voneinander zu wissen, Wege eingeschlagen haben, welche bei aller individuellen Verschiedenheit fast in einem Punkte konvergieren. Wenn ich unter solchen Umständen den Wert meiner Einzelarbeit nur gering anschlagen kann, so darf ich dafür annehmen, daß ich nicht bloß ein subjektives Phantom verfolgt, sondern zur Erreichung eines allgemeiner angestrebten Zieles beigetragen habe. Prioritätsansprüche zu erheben in bezug auf Gedanken, deren leitende Fäden bis in die antike Zeit zurückreichen, hätte natürlich keinen guten Sinn.

Die Herren Dr. Josef Pollak und Dr. Wolfgang Pauli, Dozenten an der medizinischen Fakultät, hatten die besondere Freundlichkeit eine Korrektur zu lesen, wofür ich hier den beiden Herren herzlichst danke.

Wien, im November 1902.

D. V.

Vorwort zur fünften Auflage.

Der Text dieser Auflage ist durch einige Zusätze und Anmerkungen ergänzt. Eine umfangreichere Einschaltung, betreffend neuere Untersuchungen über den Orientierungssinn, rührt von Herrn Prof. Josef Pollak her, welcher auch die Güte hatte, eine Korrektur zu lesen und die Register richtig zu stellen. Für alle diese Hilfeleistungen bin ich ihm zu herzlichem Danke ver-

pflichtet. Ein Irrtum in bezug auf Ewalds Hörtheorie wurde berichtigt. Mit Befriedigung habe ich wahrgenommen, daß die Auffassung des Verhältnisses des Physischen und Psychischen bei Alfred Binet (L'Ame et le Corps, Paris 1905) mit der hier vertretenen fast zusammenfällt.

Wien, im Mai 1906.

D. V.

Inhalt.

		Seite
I.	Antimethaphysische Vorbemerkungen	1
II.	Über vorgefaßte Meinungen	31
III.	Mein Verhältnis zu R. Avenarius und anderen Forschern	38
IV.	Die Hauptgesichtspunkte für die Untersuchung der Sinne	47
V.	Physik und Biologie. Kausalität und Teleologie	69
VI.	Die Raumempfindungen des Auges	84
VII.	Weitere Untersuchungen der Raumempfindungen	101
VIII.	Der Wille	140
IX.	Eine biologisch-teleologische Betrachtung über den Raum	148
X.	Beziehungen der Gesichtsempfindungen zu einander und zu anderen psychischen Elementen	160
XI.	Empfindung, Gedächtnis und Assoziation	192
XII.	Die Zeitempfindung	200
XIII.	Die Tonempfindungen	214
XIV.	Einfluß der vorausgehenden Untersuchungen auf die Auffassung der Physik	253
XV.	Die Aufnahme der hier dargelegten Ansichten	298
	Zusätze	302
	Sachregister	317
	Namenregister	321

I. Antimetaphysische Vorbemerkungen.

1.

Die großen Erfolge, welche die physikalische Forschung in den verflossenen Jahrhunderten nicht nur auf eigenem Gebiet, sondern auch durch Hilfeleistung in dem Bereiche anderer Wissenschaften, errungen hat, bringen es mit sich, daß physikalische Anschauungen und Methoden überall in den Vordergrund treten, und daß an die Anwendung derselben die höchsten Erwartungen geknüpft werden. Dem entsprechend hat auch die Physiologie der Sinne, die von Männern wie Goethe, Schopenhauer u. A., mit größtem Erfolge aber von Johannes Müller eingeschlagene Methode, die Empfindungen an sich zu untersuchen, allmählich verlassend, fast ausschließlich einen physikalischen Charakter angenommen. Diese Wendung muß uns als eine nicht ganz zweckentsprechende erscheinen, wenn wir bedenken, daß die Physik trotz ihrer bedeutenden Entwicklung doch nur ein Teil eines größeren Gesamtwissens ist, und mit ihren für einseitige Zwecke geschaffenen einseitigen intellektuellen Mitteln diesen Stoff nicht zu erschöpfen vermag. Ohne auf die Unterstützung der Physik zu verzichten, kann die Physiologie der Sinne nicht nur ihre eigentümliche Entwicklung fortsetzen, sondern auch der Physik selbst noch kräftige Hilfe leisten. Folgende einfache Betrachtung mag dazu dienen, dies Verhältnis klarzulegen.

2.

Farben, Töne, Wärmen, Drücke, Räume, Zeiten u. s. w. sind in mannigfaltiger Weise miteinander verknüpft, und an dieselben

sind Stimmungen, Gefühle und Willen gebunden. Aus diesem Gewebe tritt das relativ Festere und Beständigere hervor, es prägt sich dem Gedächtnisse ein, und drückt sich in der Sprache aus. Als relativ beständiger zeigen sich zunächst räumlich und zeitlich (funktional) verknüpfte Komplexe von Farben, Tönen, Drücken u. s. w., die deshalb besondere Namen erhalten, und als Körper bezeichnet werden. Absolut beständig sind solche Komplexe keineswegs.

Mein Tisch ist bald heller, bald dunkler beleuchtet, kann wärmer und kälter sein. Er kann einen Tintenfleck erhalten. Ein Fuß kann brechen. Er kann repariert, poliert, Teil für Teil ersetzt werden. Er bleibt für mich doch der Tisch, an dem ich täglich schreibe.

Mein Freund kann einen anderen Rock anziehen. Sein Gesicht kann ernst und heiter werden. Seine Gesichtsfarbe kann durch Beleuchtung oder Affekte sich ändern. Seine Gestalt kann durch Bewegung oder dauernd alteriert werden. Die Summe des Beständigen bleibt aber den allmählichen Veränderungen gegenüber doch immer so groß, daß diese zurücktreten. Es ist derselbe Freund, mit dem ich täglich meinen Spaziergang mache.

Mein Rock kann einen Fleck, ein Loch erhalten. Schon der Ausdruck zeigt, daß es auf eine Summe von Beständigem ankommt, welchem das Neue hinzugefügt, von welchem das Fehlende nachträglich in Abzug gebracht wird.

Die größere Geläufigkeit, das Übergewicht des mir wichtigen Beständigen gegenüber dem Veränderlichen drängt zu der teils instinktiven, teils willkürlichen und bewußten Ökonomie des Vorstellens und der Bezeichnung, welche sich in dem gewöhnlichen Denken und Sprechen äußert. Was auf einmal vorgestellt wird, erhält eine Bezeichnung, einen Namen.

Als relativ beständig zeigt sich ferner der an einen besonderen Körper (den Leib) gebundene Komplex von Erinnerungen, Stimmungen, Gefühlen, welcher als Ich bezeichnet wird. Ich kann mit diesem oder jenem Ding beschäftigt, ruhig und heiter oder aufgebracht und verstimmt sein. Doch bleibt (pathologische

Fälle abgerechnet) genug Beständiges übrig, um das Ich als dasselbe anzuerkennen. Allerdings ist auch das Ich nur von relativer Beständigkeit. Die scheinbare Beständigkeit des Ich besteht vorzüglich nur in der Kontinuität, in der langsamen Aenderung. Die vielen Gedanken und Pläne von gestern, welche heute fortgesetzt werden, an welche die Umgebung im Wachen fortwährend erinnert (daher das Ich im Traume sehr verschwommen, verdoppelt sein, oder ganz fehlen kann), die kleinen Gewohnheiten, die sich unbewußt und unwillkürlich längere Zeit erhalten, machen den Grundstock des Ich aus. Größere Verschiedenheiten im Ich verschiedener Menschen, als im Laufe der Jahre in einem Menschen eintreten, kann es kaum geben. Wenn ich mich heute meiner frühen Jugend erinnere, so müßte ich den Knaben (einzelne wenige Punkte abgerechnet) für einen Andern halten, wenn nicht die Kette der Erinnerungen vorläge. Schon manche Schrift, die ich selbst vor 20 Jahren verfaßt, macht mir einen höchst fremden Eindruck. Die sehr allmähliche Änderung des Leibes trägt wohl auch zur Beständigkeit des Ich bei, aber viel weniger als man glaubt. Diese Dinge werden noch viel weniger analysiert und beachtet als das intellektuelle und das moralische Ich. Man kennt sich persönlich sehr schlecht[1]). Als ich diese Zeilen schrieb (1886), war mir Ribot's schönes Buch „Les maladies de la personnalité", in welcher dieser die Wichtigkeit der Gemeingefühle für die Konstitution des Ich hervorhebt, noch nicht bekannt. Ich kann seiner Ansicht nur zustimmen[2]).

Das Ich ist so wenig absolut beständig als die Körper. Was

---

1) Als junger Mensch erblickte ich einmal auf der Straße ein mir höchst unangenehmes widerwärtiges Gesicht im Profil. Ich erschrak nicht wenig, als ich erkannte, dass es mein eigenes sei, welches ich an einer Spiegelniederlage vorbeigehend durch zwei gegen einander geneigte Spiegel wahrgenommen hatte. — Ich stieg einmal nach einer anstrengenden nächtlichen Eisenbahnfahrt sehr ermüdet in einen Omnibus, eben als von der anderen Seite auch ein Mann hereinkam. „Was steigt doch da für ein herabgekommener Schulmeister ein", dachte ich. Ich war es selbst, denn mir gegenüber befand sich ein großer Spiegel. Der Klassenhabitus war mir also viel geläufiger, als mein Specialhabitus.

2) Vgl. Hume, Treatise on human nature, Vol. I, P. IV, S. 6. — Fr. u. P. Gruithuisen, Beiträge zur Physiognosie und Eautognosie, München, 1812, S. 37—58.

wir am Tode so sehr fürchten, die Vernichtung der Beständigkeit, das tritt im Leben schon in reichlichem Maße ein. Was uns das Wertvollste ist, bleibt in unzähligen Exemplaren erhalten, oder erhält sich bei hervorragender Besonderheit in der Regel von selbst. Im besten Menschen liegen aber individuelle Züge, um die er und andere nicht zu trauern brauchen. Ja zeitweilig kann der Tod, als Befreiung von der Individualität, sogar ein angenehmer Gedanke sein. Das physiologische Sterben wird durch solche Überlegungen natürlich nicht erleichtert.

Ist die erste Orientierung durch Bildung der Substanzbegriffe „Körper", „Ich" (Materie, Seele) erfolgt, so drängt der Wille zur genaueren Beachtung der Veränderungen an diesem relativ Beständigen. Das Veränderliche an den Körpern und am Ich ist es eben, was den Willen[1]) bewegt. Erst jetzt treten die Bestandteile des Komplexes als Eigenschaften desselben hervor. Eine Frucht ist süß, sie kann aber auch bitter sein. Auch andere Früchte können süß sein. Die gesuchte rote Farbe kommt an vielen Körpern vor. Die Nähe mancher Körper ist angenehm, jene anderer unangenehm. So erscheinen nach und nach verschiedene Komplexe aus gemeinsamen Bestandteilen zusammengesetzt. Von den Körpern trennt sich das Sichtbare, Hörbare, Tastbare ab. Das Sichtbare löst sich in Farbe und Gestalt. In der Mannigfaltigkeit der Farben treten wieder einige Bestandteile in geringerer Zahl hervor, die Grundfarben u. s. w. Die Komplexe zerfallen in Elemente[2]), d. h. in letzte Bestandteile, die wir bisher nicht weiter zerlegen konnten. Die Natur dieser Elemente bleibe dahin gestellt; dieselbe kann durch künftige Untersuchungen weiter aufgeklärt werden. Daß der Naturforscher nicht die direkten Beziehungen dieser Elemente, sondern Relationen von Relationen derselben leichter verfolgt, braucht uns hier nicht zu stören.

---

1) Nicht in metaphysischem Sinne zu nehmen.

2) Faßt man diesen Vorgang auch als Abstraktion auf, so verlieren doch hiedurch die Elemente, wie wir sehen werden, nichts von ihrer Bedeutung. Vgl. die späteren Ausführungen über den Begriff im vorletzten Kapitel.

3.

Die zweckmäßige Gewohnheit, das Beständige mit einem Namen zu bezeichnen und ohne jedesmalige Analyse der Bestandteile in einen Gedanken zusammenzufassen, kann mit dem Bestreben, die Bestandteile zu sondern, in einen eigentümlichen Widerstreit geraten. Das dunkle Bild des Beständigen, welches sich nicht merklich ändert, wenn ein oder der andere Bestandteil ausfällt, scheint etwas für sich zu sein. Weil man jeden Bestandteil einzeln wegnehmen kann, ohne daß dies Bild aufhört, die Gesamtheit zu repräsentieren und wieder erkannt zu werden, meint man, man könnte alle wegnehmen und es bliebe noch etwas übrig. So entsteht in natürlicher Weise der anfangs imponierende, später aber als ungeheuerlich erkannte philosophische Gedanke eines (von seiner „Erscheinung" verschiedenen unerkennbaren) Dinges an sich[1]).

Das Ding, der Körper, die Materie ist nichts außer dem Zusammenhang der Elemente, der Farben, Töne u. s. w., außer den sogenannten Merkmalen. Das vielgestaltige vermeintliche philosophische Problem von dem einen Ding mit seinen vielen Merkmalen entsteht durch das Verkennen des Umstandes, daß übersichtliches Zusammenfassen und sorgfältiges Trennen, obwohl beide temporär berechtigt und zu verschiedenen Zwecken ersprießlich, nicht auf einmal geübt werden können. Der Körper ist einer und unveränderlich, so lange wir nicht nötig haben, auf Einzelheiten zu achten. So ist auch die Erde oder ein Billardballen eine Kugel, sobald wir von allen Abweichungen von der Kugelgestalt absehen wollen, und größere Genauigkeit unnötig ist. Werden wir aber dazu gedrängt, Orographie oder Mikroskopie zu treiben, so hören beide Körper auf, Kugeln zu sein.

4.

Der Mensch hat vorzugsweise die Fähigkeit, sich seinen Standpunkt willkürlich und bewußt zu bestimmen. Er kann jetzt

1) Vgl. W. Schuppes Polemik gegen Überweg. Abgedr. in Brasch, Welt- und Lebensanschauung Überwegs, Leipzig, 1889. — F. J. Schmidt, Das Ärgernis der Philosophie. Eine Kantstudie. Berlin 1897.

von den imposantesten Einzelheiten absehen, und sofort wieder die geringste Kleinigkeit beachten, jetzt die stationäre Strömung ohne Rücksicht auf den Inhalt (ob Wärme, Elektrizität oder Flüssigkeit) betrachten, und dann die Breite einer Fraunhoferschen Linie im Spektrum schätzen; er kann nach Gutdünken zu den allgemeinsten Abstraktionen sich erheben, oder ins Einzelnste sich vertiefen. Das Tier besitzt diese Fähigkeit in viel geringerem Grade. Es stellt sich nicht auf einen Standpunkt, es wird meist durch die Eindrücke auf denselben gestellt. Der Säugling, welcher den Vater mit dem Hut nicht erkennt, der Hund, der durch den neuen Rock des Herrn irre wird, unterliegen im Widerstreit der Standpunkte. Wer wäre nie in einem ähnlichen Falle unterlegen? Auch der philosophierende Mensch kann gelegentlich unterliegen, wie das angeführte wunderliche Problem lehrt. Besondere Umstände scheinen noch für die Berechtigung des erwähnten Problems zu sprechen. Farben, Töne, Düfte der Körper sind flüchtig. Es bleibt als beharrlicher, nicht leicht verschwindender Kern das Tastbare zurück, welches als Träger der daran gebundenen flüchtigeren Eigenschaften erscheint. Die Gewohnheit hält nun den Gedanken an einen solchen Kern fest, auch wenn sich schon die Erkenntnis Bahn gebrochen hat, daß Sehen, Hören, Riechen und Tasten durchaus verwandt sind. Hiezu kommt noch, dass dem Räumlichen und Zeitlichen infolge der eigentümlichen großen Entwicklung der mechanischen Physik eine Art höherer Realität gegenüber den Farben, Tönen, Düften zugeschrieben wird. Dem entsprechend erscheint das zeitliche und räumliche Band von Farben, Tönen, Düften realer als diese selbst. Die Physiologie der Sinne legt aber klar, daß Räume und Zeiten ebenso gut Empfindungen genannt werden können, als Farben und Töne. Hievon später.

5.

Auch das Ich, sowie das Verhältnis der Körper zum Ich, gibt Anlaß zum Auftreten analoger Scheinprobleme, deren Kern

im folgenden kurz angegeben werden soll. Die zuvor statuierten Elemente wollen wir durch die Buchstaben A B C . . . . K L M . . . α β γ . . . andeuten. Die Komplexe von Farben, Tönen u. s. w., welche man gewöhnlich Körper nennt, bezeichnen wir der Deutlichkeit wegen mit A B C . . . .; den Komplex, der unser Leib heißt, und der ein durch Besonderheiten ausgezeichneter Teil der ersteren ist, nennen wir K L M . . . ., den Komplex von Willen, Erinnerungsbildern u. s. w. stellen wir durch α, β, γ . . . . dar. Gewöhnlich wird nun der Komplex α β γ . . . K L M . . . als Ich dem Komplex A B C . . . als Körperwelt gegenübergestellt; zuweilen wird auch α β γ . . . . als Ich, K L M . . . . A B C . . . . als Körperwelt zusammengefaßt. Zunächst erscheint A B C . . . . als unabhängig vom Ich und diesem selbständig gegenüber stehend. Diese Unabhängigkeit ist nur relativ, und hält vor gesteigerter Aufmerksamkeit nicht stand. In dem Komplex α β γ . . . kann sich allerdings manches ändern, ohne daß an A B C . . . . viel bemerklich wird, ebenso umgekehrt. Viele Änderungen in α β γ . . . gehen aber durch Änderungen in K L M . . . nach A B C . . . . über und umgekehrt. (Wenn z. B. lebhafte Vorstellungen in Handlungen ausbrechen, oder die Umgebung in unserm Leib merkliche Änderungen veranlaßt.) Hiebei scheint K L M . . . . mit α β γ . . . . und auch mit A B C . . . . stärker zusammenzuhängen, als letztere untereinander. Diese Verhältnisse finden eben in dem gewöhnlichen Denken und Sprechen ihren Ausdruck.

Genau genommen, zeigt sich aber, dass A B C . . . , immer durch K L M . . . . mitbestimmt ist. Ein Würfel wird, wenn er nahe, groß, wenn er fern, klein, mit dem rechten Auge anders als mit dem linken, gelegentlich doppelt, bei geschlossenen Augen gar nicht gesehen. Die Eigenschaften eines und desselben Körpers erscheinen also durch den Leib modifiziert, sie erscheinen durch denselben bedingt. Wo ist denn aber derselbe Körper, der so verschieden erscheint? Alles, was man sagen kann, ist, daß

verschiedene A B C . . . . an verschiedene K L M gebunden sind [1]).

Man pflegt in der populären Denk- und Redeweise der Wirklichkeit den Schein gegenüber zu stellen. Einen Bleistift, den wir in der Luft vor uns halten, sehen wir gerade; tauchen wir denselben schief ins Wasser, so sehen wir ihn geknickt Man sagt nun in letzterem Falle: Der Bleistift scheint geknickt, ist aber in Wirklichkeit gerade. Was berechtigt uns aber, eine Tatsache der andern gegenüber für Wirklichkeit zu erklären und die andere zum Schein herabzudrücken? In beiden Fällen liegen doch Tatsachen vor, welche eben verschieden bedingte, verschiedenartige Zusammenhänge der Elemente darstellen. Der eingetauchte Bleistift ist eben wegen seiner Umgebung optisch geknickt, haptisch und metrisch aber gerade. Das Bild im Hohl- oder Planspiegel ist nur sichtbar, während unter andern (gewöhnlichen) Umständen dem sichtbaren Bild auch ein tastbarer Körper entspricht. Eine helle Fläche ist neben einer dunklen heller als neben einer noch helleren. Unsere Erwartung wird allerdings getäuscht, wenn wir verschiedene Fälle des Zusammenhanges, auf die Bedingungen nicht genau achtend, mit einander verwechseln, den natürlichen Fehler begehen, in ungewöhnlichen Fällen dennoch das Gewöhnliche zu erwarten. Die Tatsachen sind daran unschuldig. Es hat nur einen praktischen, aber keinen wissenschaftlichen Sinn, in diesen Fällen von Schein zu sprechen.

---

1) Ich habe diesem Gedanken vor langer Zeit (Vierteljahrsschrift für Psychiatrie, Leipzig und Neuwied 1868 „Ueber die Abhängigkeit der Netzhautstellen von einander") in folgender Weise Ausdruck gegeben: „Der Ausdruck „Sinnestäuschung" beweist, daß man sich noch nicht recht zum Bewußtsein gebracht, oder wenigstens noch nicht nötig gefunden hat, dies Bewußtsein auch in der Terminologie zu bekunden, daß die Sinne weder falsch noch richtig zeigen. Das einzig Richtige, was man von den Sinnesorganen sagen kann, ist, daß sie unter verschiedenen Umständen verschiedene Empfindungen und Wahrnehmungen auslösen. Weil diese „Umstände" so äußerst mannigfaltiger Art, teils äußere (in den Objekten gelegene), teils innere (in den Sinnesorganen sitzende), teils innerste (in den Zentralorganen tätige) sind, kann es allerdings den Anschein haben, wenn man nur auf die äußern Umstände Acht hat, daß das Organ ungleich unter gleichen Umständen wirkt. Die ungewöhnlichen Wirkungen pflegt man nun Täuschungen zu nennen."

Ebenso hat die oft gestellte Frage, ob die Welt wirklich ist oder ob wir sie bloß träumen, gar keinen wissenschaftlichen Sinn. Auch der wüsteste Traum ist eine Tatsache, so gut als jede andere. Wären unsere Träume regelmäßiger, zusammenhängender, stabiler, so wären sie für uns auch praktisch wichtiger. Beim Erwachen bereichern sich die Beziehungen der Elemente gegenüber jenen des Traumes. Wir erkennen den Traum als solchen. Bei dem umgekehrten Prozeß verengert sich das psychische Gesichtsfeld; es fehlt der Gegensatz meist vollständig. Wo kein Gegensatz besteht, ist die Unterscheidung von Traum und Wachen, Schein und Wirklichkeit ganz müssig und wertlos.

Der populäre Gedanke eines Gegensatzes von Schein und Wirklichkeit hat auf das wissenschaftlich-philosophische Denken sehr anregend gewirkt. Dies zeigt sich z. B. in Platons geistreicher und poetischer Fiktion der Höhle, in der wir, mit dem Rücken gegen das Feuer gekehrt, bloß die Schatten der Vorgänge beobachten (Staat, VII, 1). Indem aber dieser Gedanke nicht ganz zu Ende gedacht wurde, hat derselbe auf unsere Weltanschauung einen ungebührlichen Einfluß genommen. Die Welt, von der wir doch ein Stück sind, kam uns ganz abhanden, und wurde uns in unabsehbare Ferne gerückt. So glaubt auch mancher Jüngling, der zum erstenmal von der astronomischen Strahlenbrechung hört, die ganze Astronomie sei nun in Frage gestellt, während doch durch eine leicht zu ermittelnde und unbedeutende Korrektur alles wieder berichtigt wird.

6.

Wir sehen einen Körper mit einer Spitze S. Wenn wir S berühren, zu unserm Leib in Beziehung bringen, erhalten wir einen Stich. Wir können S sehen, ohne den Stich zu fühlen. Sobald wir aber den Stich fühlen, werden wir S an der Haut finden. Es ist also die sichtbare Spitze ein bleibender Kern, an den sich der Stich nach Umständen wie etwas Zufälliges anschließt. Bei der Häufigkeit analoger Vorkommnisse gewöhnt man sich endlich, alle Eigenschaften der Körper als von bleibenden Kernen aus-

gehende, durch Vermittlung des Leibes dem Ich beigebrachte „Wirkungen", die wir Empfindungen nennen, anzusehen. Hiermit verlieren aber diese Kerne den ganzen sinnlichen Inhalt, werden zu bloßen Gedankensymbolen. Es ist dann richtig, daß die Welt nur aus unsern Empfindungen besteht. Wir wissen aber dann eben nur von den Empfindungen, und die Annahme jener Kerne, sowie einer Wechselwirkung derselben, aus welcher erst die Empfindungen hervorgehoben würden, erweist sich als gänzlich müssig und überflüssig. Nur dem halben Realismus oder dem halben Kriticismus kann eine solche Ansicht zusagen.

7.

Gewöhnlich wird der Komplex $\alpha\ \beta\ \gamma\ \ldots\ K\ L\ M\ \ldots$ als Ich dem Komplex A B C . . . . gegenübergestellt. Nur jene Elemente von A B C . . ., welche $\alpha\ \beta\ \gamma\ \ldots\ .$ stärker alterieren, wie einen Stich, einen Schmerz pflegt man bald mit dem Ich zusammenzufassen. Später zeigt sich aber durch Bemerkungen der oben angeführten Art, daß das Recht, A B C . . . zum Ich zu zählen, nirgends aufhört. Dem entsprechend kann das Ich so erweitert werden, daß es schließlich die ganze Welt umfaßt[1]). Das Ich ist nicht scharf abgegrenzt, die Grenze ist ziemlich unbestimmt und willkürlich verschiebbar. Nur indem man dies verkennt, die Grenze unbewußt enger und zugleich auch weiter zieht, entstehen im Widerstreit der Standpunkte die metaphysischen Schwierigkeiten.

Sobald wir erkannt haben, daß die vermeintlichen Einheiten „Körper", „Ich" nur Notbehelfe zur vorläufigen Orien-

1) Wenn ich sage, der Tisch, der Baum u. s. w. sind meine Empfindungen, so liegt darin, der Vorstellung des gemeinen Mannes gegenüber, eine wirkliche Erweiterung des Ich. Aber auch nach der Gefühlsseite ergibt sich eine solche Erweiterung für den Virtuosen, der sein Instrument fast so gut beherrscht als seinen Leib, für den gewandten Redner, in dem alle Augenaxen convergieren, und der die Gedanken seiner Zuhörer leitet, für den kräftigen Politiker, der seine Partei mit Leichtigkeit führt, u. s. w. — In Depressionszuständen hingegen, wie sie nervöse Menschen zeitweilig zu ertragen haben, schrumpft das Ich zusammen. Eine Wand scheint es von der Welt zu trennen.

tierung und für bestimmte praktische Zwecke sind (um die Körper zu ergreifen, um sich vor Schmerz zu wahren u. s. w.), müssen wir sie bei vielen weitergehenden wissenschaftlichen Untersuchungen als unzureichend und unzutreffend aufgeben. Der Gegensatz zwischen Ich und Welt, Empfindung oder Erscheinung und Ding fällt dann weg, und es handelt sich lediglich um den Zusammenhang der Elemente $\alpha\ \beta\ \gamma\ \ldots$ A B C . . . K L M . . ., für welchen eben dieser Gegensatz nur ein teilweise zutreffender unvollständiger Ausdruck war. Dieser Zusammenhang ist nichts weiter als die Verknüpfung jener Elemente mit andern gleichartigen Elementen (Zeit und Raum). Die Wissenschaft hat ihn zunächst einfach anzuerkennen, und sich in demselben zu orientieren, anstatt die Existenz desselben sofort erklären zu wollen.

Bei oberflächlicher Betrachtung scheint der Komplex $\alpha\ \beta\ \gamma$ . . aus viel flüchtigeren Elementen zu bestehen, als A B C . . . . und K L M . . . , in welchen letzteren die Elemente stabiler und in mehr beständiger Weise (an feste Kerne) geknüpft zu sein scheinen. Obgleich bei weiterem Zusehen die Elemente aller Komplexe sich als gleichartig erweisen, so schleicht sich doch auch nach dieser Erkenntnis die ältere Vorstellung eines Gegensatzes von Körper und Geist leicht wieder ein. Der Spiritualist fühlt wohl gelegentlich die Schwierigkeit, seiner vom Geist geschaffenen Körperwelt die nötige Festigkeit zu geben, dem Materialisten wird es sonderbar zu Mut, wenn er die Körperwelt mit Empfindung beleben soll. Der durch Überlegung erworbene monistische Standpunkt wird durch die älteren stärkeren instinktiven Vorstellungen leicht wieder getrübt.

8.

Die bezeichnete Schwierigkeit wird besonders bei folgender Überlegung empfunden. In dem Komplex A B C . . ., den wir als Körperwelt bezeichnet haben, finden wir als Teil nicht nur unsern Leib K L M . . . . , sondern auch die Leiber anderer

Menschen (oder Tiere) K' L' M' . . . . , K" L" M" . . . . , an welche wir nach der Analogie dem Komplex $\alpha\ \beta\ \gamma$ . . . . . ähnliche $\alpha'\ \beta'\ \gamma'$ . . . . , $\alpha"\ \beta"\ \gamma"$ . . . gebunden denken. So lange wir uns mit K' L' M' . . . . , beschäftigen, befinden wir uns in einem uns vollständig geläufigen, uns überall sinnlich zugänglichen Gebiet. Sobald wir aber nach den Empfindungen oder Gefühlen fragen, die dem Leib K' L' M' . . . . zugehören, finden wir dieselben in dem sinnlichen Gebiet nicht mehr vor, wir denken sie hinzu. Nicht nur das Gebiet, auf welches wir uns da begeben, ist uns viel weniger geläufig, sondern auch der Übergang auf dasselbe ist verhältnismäßig unsicher. Wir haben das Gefühl, als sollten wir uns in einen Abgrund stürzen [1]). Wer immer nur diesen Gedankenweg einschlägt, wird das Gefühl der Unsicherheit, das als Quelle von Scheinproblemen sehr ergiebig ist, nie vollständig los werden.

Wir sind aber auf diesen Weg nicht beschränkt. Wir betrachten zunächst den gegenseitigen Zusammenhang der Elemente des Komplexes A B C . . . ., ohne auf K L M . . . . (unsern Leib) zu achten. Jede physikalische Untersuchung ist von dieser Art. Eine weiße Kugel fällt auf eine Glocke; es klingt. Die Kugel wird gelb vor der Natrium-, rot vor der Lithiumlampe. Hier scheinen die Elemente (A B C . . . .) nur untereinander zusammenzuhängen, von unserm Leib (K L M . . . .) unabhängig zu sein. Nehmen wir aber Santonin ein, so wird die Kugel auch

---

1) Als ich in einem Alter von 4—5 Jahren zum erstenmal vom Lande nach Wien kam, und von meinem Vater auf die Bastei (die ehemalige Stadtmauer) geführt wurde, war ich sehr überrascht, im Stadtgraben unten Menschen zu sehen, und konnte nicht begreifen, wie dieselben von meinem Standpunkt aus hatten hinunter gelangen können, denn der Gedanke eines anderen möglichen Weges kam mir gar nicht in den Sinn. Dieselbe Überraschung beobachtete ich nochmals an meinem etwa 3-jährigen Knaben bei Gelegenheit eines Spazierganges auf der Prager Stadtmauer. Dieses Gefühls erinnere ich mich jedesmal bei der im Text bezeichneten Überlegung, und gern gestehe ich, daß mein zufälliges Erlebnis bei Befestigung meiner vor langer Zeit gefaßten Ansicht über diesen Punkt wesentlich mitgewirkt hat. Die Gewohnheit, materiell und psychisch stets dieselben Wege zu gehen, wirkt sehr desorientierend. Ein Kind kann beim Durchbrechen einer Wand im längst bewohnten Hause eine wahre Erweiterung der Weltanschauung erfahren, und eine kleine wissenschaftliche Wendung kann sehr aufklärend wirken.

gelb. Drücken wir ein Auge seitwärts, so sehen wir zwei Kugeln. Schließen wir die Augen ganz, so ist gar keine Kugel da. Durchschneiden wir den Gehörnerven, so klingt es nicht. Die Elemente A B C . . . . hängen also nicht nur untereinander, sondern auch mit den Elementen K L M . . . . zusammen. Insofern, und nur insofern, nennen wir A B C . . . . Empfindungen und betrachten A B C als zum Ich gehörig. Wo in dem Folgenden neben oder für die Ausdrücke „Element", „Elementenkomplex" die Bezeichnungen „Empfindung", „Empfindungskomplex" gebraucht werden, muß man sich gegenwärtig halten, daß die Elemente nur in der bezeichneten Verbindung und Beziehung, in der bezeichneten funktionalen Abhängigkeit Empfindungen sind. Sie sind in anderer funktionaler Beziehung zugleich physikalische Objekte. Die Nebenbezeichnung der Elemente als Empfindungen wird bloß deshalb verwendet, weil den meisten Menschen die gemeinten Elemente eben als Empfindungen (Farben, Töne, Drücke, Räume, Zeiten u. s. w.) viel geläufiger sind, während nach der verbreiteten Auffassung die Massenteilchen als physikalische Elemente gelten, an welchen die Elemente in dem hier gebrauchten Sinne als „Eigenschaften", „Wirkungen" haften [1]).

Auf diesem Wege finden wir also nicht die vorher bezeichnete Kluft zwischen Körpern und Empfindungen, zwischen außen und innen, zwischen der materiellen und geistigen Welt [2]). Alle Elemente A B C . . . K L M . . . bilden nur eine zusammenhängende Masse, welche, an jedem Element angefaßt, ganz in Bewegung gerät, nur daß eine Störung bei K L M . . . . viel weiter und tiefer greift, als bei A B C . . . . Ein Magnet in unserer Umgebung stört die

---

1) Diesen Hauptpunkt habe ich dem Wesen nach gleich, aber in einer andern Form dargestellt, welche den Naturforschern sympathischer sein möchte, in „Erkenntnis und Irrtum". Leipzig, 1905.

2) Vgl. meine „Grundlinien der Lehre von den Bewegungsempfindungen". Leipzig, Engelmann, 1875, S. 54. Daselbst habe ich meine Ansicht zuerst kurz, aber bestimmt ausgesprochen, in den Worten: „Die Erscheinungen lassen sich in Elemente zerlegen, die wir, insofern sie als mit bestimmten Vorgängen des Körpers (Leibes) verbunden und durch dieselben bedingt angesehen werden können, Empfindungen nennen."

benachbarten Eisenmassen, ein stürzendes Felsstück erschüttert den Boden, das Durchschneiden eines Nerven aber bringt das ganze System von Elementen in Bewegung. Ganz unwillkürlich führt das Verhältnis zu dem Bilde einer zähen Masse, welche an mancher Stelle (dem Ich) fester zusammenhängt. Oft habe ich mich dieses Bildes im Vortrage bedient.

9.

So besteht also die große Kluft zwischen physikalischer und psychologischer Forschung nur für die gewohnte stereotype Betrachtungsweise. Eine Farbe ist ein physikalisches Objekt, sobald wir z. B. auf ihre Abhängigkeit von der beleuchtenden Lichtquelle (andern Farben, Wärmen, Räumen u. s. w.) achten. Achten wir aber auf ihre Abhängigkeit von der Netzhaut (den Elementen K L M . . . .), so ist sie ein psychologisches Objekt, eine Empfindung. Nicht der Stoff, sondern die Untersuchungsrichtung ist in beiden Gebieten verschieden. (Vgl. auch Kapitel II, S. 35, 36.)

Sowohl wenn wir von der Beobachtung fremder Menschen- oder Tierleiber auf deren Empfindungen schließen, als auch, wenn wir den Einfluß des eigenen Leibes auf unsere Empfindungen untersuchen, müssen wir eine beobachtete Tatsache durch Analogie ergänzen. Diese Ergänzung fällt aber viel sicherer und leichter aus, wenn sie etwa nur den Nervenvorgang betrifft, den man am eigenen Leib nicht vollständig beobachten kann, wenn sie also in dem geläufigern physikalischen Gebiet spielt, als wenn sich die Ergänzung auf Psychisches, die Empfindungen, Gedanken anderer Menschen erstreckt. Sonst besteht kein wesentlicher Unterschied.

10.

Die dargelegten Gedanken erhalten eine größere Festigkeit und Anschaulichkeit, wenn man dieselben nicht bloß in abstrakter Form ausspricht, sondern direkt die Tatsachen ins Auge faßt,

welchen sie entspringen. Liege ich z. B. auf einem Ruhebett, und schließe das rechte Auge, so bietet sich meinem linken Auge das Bild der folgenden Figur 1. In einem durch den Augenbrauenbogen, die Nase und den Schnurrbart gebildeten Rahmen erscheint ein Teil meines Körpers, so weit er sichtbar ist, und

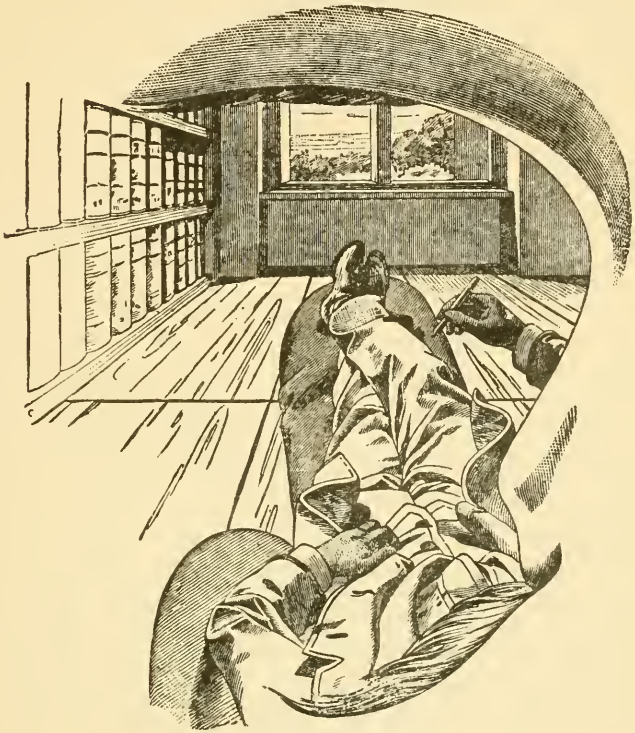


Fig. 1.

dessen Umgebung[1]). Mein Leib unterscheidet sich von den andern menschlichen Leibern nebst den Umstande, dass jede lebhaftere Bewegungsvorstellung sofort in dessen Bewegung ausbricht, daß dessen Berührung auffallendere Veränderungen bedingt als jene anderer Körper, dadurch daß er nur teilweise und insbesondere ohne Kopf gesehen wird. Beobachte ich ein Element

1) Von dem binocularen Gesichtsfeld, dass mit seiner eigentümlichen Stereoskopie jedermann geläufig ist, das aber schwieriger zu beschreiben und durch eine ebene Zeichnung nicht darstellbar ist, wollen wir hier absehen.

A im Gesichtsfelde, und untersuche dessen Zusammenhang mit einem andern Element B desselben Feldes, so komme ich aus dem Gebiet der Physik in jenes der Physiologie oder Psychologie, wenn B, um den treffenden Ausdruck anzuwenden, den ein Freund beim Anblick dieser Zeichnung gelegentlich gebraucht hat[1]), die Haut passiert. Ähnliche Überlegungen wie für das Gesichtsfeld lassen sich für das Tastfeld und die Wahrnehmungsfelder der übrigen Sinne anstellen[2]).

II.

Es ist schon auf die Verschiedenheit der Elementengruppen, die wir mit A B C . . . . und α β γ . . . . bezeichnet haben, hingewiesen worden. In der Tat, wenn wir einen grünen Baum vor uns sehen, oder uns an den grünen Baum erinnern, uns denselben vorstellen, so wissen wir diese beiden Fälle ganz wohl zu unterscheiden. Der vorgestellte Baum hat eine viel weniger bestimmte, viel mehr veränderliche Gestalt, sein Grün ist viel matter und flüchtiger, und er scheint vor allem deutlich in einem andern Feld. Eine Bewegung, die wir ausführen wollen, ist immer nur eine vorgestellte Bewegung und erscheint in einem andern Feld als die ausgeführte Bewegung, welche übrigens immer erfolgt, wenn die Vorstellung lebhaft genug wird. Die Elemente A oder α erscheinen in einem verschiedenen Feld, heißt nun, wenn man auf den Grund geht, nichts anderes, als daß sie mit verschiedenen andern Elementen

---

1) Herr Ingenieur J. Popper in Wien.

2) Zur Entwerfung dieser Zeichnung bin ich etwa um 1870 durch einen drolligen Zufall veranlaßt worden. Ein längst verstorbener Herr v. L., dessen wahrhaft liebenswürdiger Charakter über manche Excentricität hinweg half, nötigte mich eine Schrift von Chr. Fr. Krause zu lesen. In derselben findet sich folgende Stelle:

„Aufgabe: Die Selbstschauung ‚Ich' auszuführen.

Auflösung: Man führt sie ohne weiteres aus."

Um nun dieses philosophische „Viel Lärm um Nichts" scherzhaft zu illustrieren, und zugleich zu zeigen, wie man wirklich die Selbstschauung „Ich" ausführt, entwarf ich die obige Zeichnung. — Der Verkehr mit Herrn v. L. war für mich sehr lehrreich und anregend durch die Naivetät, mit welcher er sonst sorgfältig verschwiegene oder verhüllte philosophische Gedanken aussprach.

verknüpft sind. So weit wären also die Grundbestandteile in A B C . . . . $\alpha\ \beta\ \gamma$ dieselben (Farben, Töne, Räume, Zeiten, Bewegungsempfindungen . . .), und nur die Art ihrer Verbindung verschieden.

Schmerz und Lust pflegt man als von den Sinnesempfindungen verschieden zu betrachten. Allein nicht nur die Tastempfindungen, sondern auch alle übrigen Sinnesempfindungen können allmählich in Schmerz und Lust übergehen. Auch Schmerz und Lust können mit Recht Empfindungen genannt werden. Sie sind nur nicht so gut analysiert und so geläufig als die Sinnesempfindungen, vielleicht auch nicht auf so wenige Organe beschränkt als letztere. Schmerz- und Lustempfindungen, mögen sie noch so schattenhaft auftreten, bilden einen wesentlichen Inhalt aller sogenannten Gefühle. Was uns sonst noch zum Bewußtsein kommt, wenn wir von Gefühlen ergriffen werden, können wir als mehr oder weniger diffuse, nicht scharf lokalisierte Empfindungen bezeichnen. W. James[1]) und später Th. Ribot[2]) sind der physiologischen Mechanik der Gefühle nachgegangen und sehen das Wesentliche in zweckmäßigen, den Umständen entsprechenden, durch die Organisation ausgelösten Aktionstendenzen des Leibes. Nur ein Teil derselben tritt ins Bewußtsein. Wir sind traurig, weil wir weinen, und nicht umgekehrt, sagt James. Und Ribot findet mit Recht den niedern Stand unserer Kenntnis der Gefühle dadurch bedingt, daß wir stets nur beachtet haben, was bei diesen physiologischen Prozessen ins Bewußtsein tritt. Allerdings geht er zu weit, wenn er alles Psychische für dem Physischen bloß „surajouté", und nur das Physische für wirksam hält. Für uns besteht ein solcher Unterschied nicht.

Somit setzen sich die Wahrnehmungen sowie die Vorstellungen, der Wille, die Gefühle, kurz die ganze innere und äußere Welt, aus einer geringen Zahl von gleichartigen Elementen in bald flüchtigerer, bald festerer Verbindung zusammen. Man nennt diese Elemente gewöhnlich Empfin-

1) W. James, Psychology. New York 1890, II, p. 442.

2) Th. Ribot, La psychologie des sentiments, 1899.

dungen. Da aber in diesem Namen schon eine einseitige Theorie liegt, so ziehen wir vor, kurzweg von Elementen zu sprechen, wie wir schon getan haben. Alle Forschung geht auf die Ermittlung der Verknüpfung dieser Elemente aus[1]). Sollte man mit einer Art dieser Elemente durchaus nicht das Auskommen finden, so werden eben mehrere statuiert werden. Es ist aber nicht zweckmäßig, für die hier behandelten Fragen die Annahmen gleich von vornherein zu komplizieren.

12.

Daß aus diesem Elementenkomplex, welcher im Grunde nur einer ist, die Körper und das Ich sich nicht in bestimmter, für alle Fälle zureichender Weise abgrenzen lassen, wurde schon gesagt. Die Zusammenfassung der mit Schmerz und Lust am nächsten zusammenhängenden Elemente in einer ideellen denkökonomischen Einheit, dem Ich, hat die höchste Bedeutung für den im Dienste des schmerzmeidenden und lustsuchenden Willens stehenden Intellekt. Die Abgrenzung des Ich stellt sich daher instinktiv her, wird geläufig und befestigt sich vielleicht sogar durch Vererbung. Durch ihre hohe praktische Bedeutung nicht nur für das Individuum, sondern für die ganze Art machen sich die Zusammenfassungen „Ich" und „Körper" instinktiv geltend und treten mit elementarer Gewalt auf. In besonderen Fällen aber, in welchen es sich nicht um praktische Zwecke handelt, sondern die Erkenntnis Selbstzweck wird, kann sich diese Abgrenzung als ungenügend, hinderlich, unhaltbar erweisen[2]).

1) Vgl. S. 4, 7, 11, 12, 13 der vorliegenden Schrift, endlich auch die allgemeine Anmerkung am Schluß meiner Schrift: Die Geschichte und die Wurzel des Satzes der Erhaltung der Arbeit. Prag, Calve, 1872.

2) So kann auch das Standesbewußtsein und das Standesvorurteil, das Gefühl für Nationalität, der borniertesteLokalpatriotismus für gewisse Zwecke sehr wichtig sein. Solche Anschauungen werden aber gewiß nicht den weitblickenden Forscher auszeichnen, wenigstens nicht im Momente des Forschens. Alle diese egoistischen Anschauungen reichen nur für praktische Zwecke aus. Natürlich kann der Gewohnheit auch der Forscher unterliegen. Die kleinen gelehrten Lumpereien, das schlaue Benützen und das perfide Verschweigen, die Schlingbeschwerden bei dem unvermeidlichen Worte der Anerkennung und die schiefe Beleuchtung der fremden Leistung bei dieser Gelegenheit zeigen hinlänglich, daß auch der Forscher den Kampf ums Dasein kämpft,

Nicht das Ich ist das Primäre, sondern die Elemente (Empfindungen). Man berücksichtige das in bezug auf den Ausdruck „Empfindung“ S. 17 Gesagte. Die Elemente bilden das Ich. Ich empfinde Grün, will sagen, daß das Element Grün in einem gewissen Komplex von anderen Elementen (Empfindungen, Erinnerungen) vorkommt. Wenn ich aufhöre Grün zu empfinden, wenn ich sterbe, so kommen die Elemente nicht mehr in der gewohnten geläufigen Gesellschaft vor. Damit ist alles gesagt. Nur eine ideelle denkökonomische, keine reelle Einheit hat aufgehört zu bestehen. Das Ich ist keine unveränderliche, bestimmte, scharf begrenzte Einheit. Nicht auf die Unveränderlichkeit, nicht auf die bestimmte Unterscheidbarkeit von andern und nicht auf die scharfe Begrenzung kommt es an, denn alle diese Momente variieren schon im individuellen Leben von selbst, und deren Veränderung wird vom Individuum sogar angestrebt. Wichtig ist nur die Kontinuität. Diese Ansicht stimmt mit derjenigen, zu welcher Weismann durch biologische Untersuchungen (Zur Frage der Unsterblichkeit der Einzelligen. Biolog. Centralblatt, IV. Bd, Nr. 21, 22) gelangt. (Vergl. besonders S. 654 und 655, wo von der Teilung des Individuums in zwei gleiche Hälften die Rede ist.) Die Kontinuität ist aber nur ein Mittel, den Inhalt des Ich vorzubereiten und zu sichern. Dieser Inhalt und nicht das Ich ist die Hauptsache. Dieser ist aber nicht auf das Individuum beschränkt. Bis auf geringfügige wertlose persönliche Erinnerungen bleibt er auch nach dem Tode des Individuums in andern erhalten. Die Bewußtseinselemente eines Individuums hängen unter einander stark, mit jenen eines andern Individuums aber schwach und nur gelegentlich merklich zusammen. Daher meint jeder nur von sich zu wissen, indem er sich für eine untrennbare von anderen unabhängige Einheit hält. Bewußtseinsinhalte von allgemeiner Bedeutung durchbrechen aber diese Schranken des Individuums und führen, natürlich wieder an Individuen gebunden, unabhängig von der Person,

daß auch die Wege der Wissenschaft noch zum Munde führen, und daß der reine Erkenntnistrieb bei unsern heutigen sozialen Verhältnissen noch ein Ideal ist.

durch die sie sich entwickelt haben, ein allgemeineres unpersönliches, überpersönliches Leben fort. Zu diesem beizutragen, gehört zu dem größten Glück des Künstlers, Forschers, Erfinders, Sozialreformators u. s. w.

Das Ich ist unrettbar. Teils diese Einsicht, teils die Furcht vor derselben führen zu den absonderlichsten pessimistischen und optimistischen, religiösen, asketischen und philosophischen Verkehrtheiten. Der einfachen Wahrheit, welche sich aus der psychologischen Analyse ergibt, wird man sich auf die Dauer nicht verschließen können. Man wird dann auf das Ich, welches schon während des individuellen Lebens vielfach variiert, ja im Schlaf und bei Versunkenheit in eine Anschauung, in einen Gedanken, gerade in den glücklichsten Augenblicken, teilweise oder ganz fehlen kann, nicht mehr den hohen Wert legen. Man wird dann auf individuelle Unsterblichkeit[1]) gern verzichten, und nicht auf das Nebensächliche mehr Wert legen als auf die Hauptsache. Man wird hiedurch zu einer freieren und verklärten Lebensauffassung gelangen, welche Mißachtung des fremden Ich und Überschätzung des eigenen ausschließt. Das ethische Ideal, welches sich auf dieselbe gründet, wird gleich weit entfernt sein von jenem des Asketen, welches für diesen biologisch nicht haltbar ist, und zugleich mit seinem Untergang erlischt, wie auch von jenem des Nietzscheschen frechen „Übermenschen", welches die Mitmenschen nicht dulden können, und hoffentlich nicht dulden werden[2]).

Genügt uns die Kenntnis des Zusammenhanges der Elemente (Empfindungen) nicht, und fragen wir, „wer hat diesen Zusammenhang der Empfindungen, wer empfindet"?, so unterliegen wir der alten Gewohnheit, jedes Element (jede Empfindung) einem unanalysierten Komplex einzuordnen, wir sinken hiermit unvermerkt auf einen älteren, tieferen und beschränkteren Stand-

1) Indem wir unsere persönlichen Erinnerungen über den Tod hinaus zu erhalten wünschen, verhalten wir uns ähnlich wie der kluge Eskimo, der die Unsterblichkeit ohne Seehunde und Walrosse dankend ablehnte.

So weit auch der Weg ist von der theoretischen Einsicht zum praktischen Verhalten, so kann letzteres der ersteren auf die Dauer doch nicht widerstehen.

punkt zurück. Man weist wohl oft darauf hin, daß ein psychisches Erlebnis, welches nicht das Erlebnis eines bestimmten Subjekts wäre, nicht denkbar sei, und meint damit die wesentliche Rolle der Einheit des Bewußtseins dargetan zu haben. Allein, wie verschiedene Grade kann das Ichbewußtsein haben, und aus wie mannigfaltigen zufälligen Erinnerungen setzt es sich zusammen! Man könnte ebensogut sagen, daß ein physikalischer Vorgang, der nicht in irgend einer Umgebung, eigentlich immer in der Welt, stattfindet, nicht denkbar sei. Von dieser Umgebung, welche ja in bezug auf ihren Einfluß sehr verschieden sein und in Spezialfällen auf ein Minimum zusammenschrumpfen kann, zu abstrahieren, muß uns hier wie dort erlaubt sein, um die Untersuchung zu beginnen. Man denke an Empfindungen der niedern Tiere, welchen man kaum ein ausgeprägtes Subjekt wird zuschreiben wollen. Aus den Empfindungen baut sich das Subjekt auf, welches dann allerdings wieder auf die Empfindungen reagiert.

Die Gewohnheit, den unanalysierten Ich-Komplex als eine unteilbare Einheit zu behandeln, hat sich wissenschaftlich oft in eigentümlicher Weise geäußert. Aus dem Leibe wird zunächst das Nervensystem als Sitz der Empfindungen ausgesondert. In dem Nervensystem wählt man wieder das Hirn als hierzu geeignet aus, und sucht schließlich, die vermeintliche psychische Einheit zu retten, im Hirn noch nach einem Punkt als Sitz der Seele. So rohe Anschauungen werden aber schwerlich geeignet sein, auch nur in den gröbsten Zügen die Wege der künftigen Untersuchung über den Zusammenhang des Physischen und Psychischen vorzuzeichnen. Daß die verschiedenen Organe, Teile des Nervensystems, mit einander physisch zusammenhängen und durch einander leicht erregt werden können, ist wahrscheinlich die Grundlage der „psychischen Einheit". Ich hörte einmal ernstlich die Frage diskutieren: „Wieso die Wahrnehmung eines großen Baumes in dem kleinen Kopfe des Menschen Platz fände"? Besteht auch dieses Problem nicht, so wird doch durch die Frage die Verkehrtheit fühlbar, die man leicht begeht, indem man sich

die Empfindungen räumlich in das Hirn hineindenkt. Ist von den Empfindungen eines andern Menschen die Rede, so haben diese in meinem optischen oder überhaupt physischen Raum natürlich gar nichts zu schaffen; sie sind hinzugedacht, und ich denke sie kausal (oder besser funktional), aber nicht räumlich an das beobachtete oder vorgestellte Menschenhirn gebunden. Spreche ich von meinen Empfindungen, so sind dieselben nicht räumlich in meinem Kopfe, sondern mein „Kopf" teilt vielmehr mit ihnen dasselbe räumliche Feld, wie es oben dargestellt wurde. (Vergl. das über Fig. 1, S. 14, 15, 16 Gesagte)[1]).

Man betone nicht die Einheit des Bewußtseins. Da der scheinbare Gegensatz der wirklichen und der empfundenen Welt nur in der Betrachtungsweise liegt, eine eigentliche Kluft aber nicht existiert, so ist ein mannigfaltiger zusammenhängender Inhalt des Bewußtseins um nichts schwerer

---

1) Schon bei Johannes Müller finden wir einen Ansatz zu ähnlichen Betrachtungen. Sein metaphysischer Hang hindert ihn aber, dieselben konsequent zu Ende zu führen. Bei Hering aber stossen wir (Hermanns Handbuch der Physiologie, Bd. III, S. 345) auf folgende charakteristische Stelle: „Der Stoff, aus welchem die Sehdinge bestehen, sind die Gesichtsempfindungen. Die untergehende Sonne ist als Sehding eine flache, kreisförmige Scheibe, welche aus Gelbrot, also aus einer Gesichtsempfindung besteht. Wir können sie daher geradezu als eine kreisförmige, gelbrote Empfindung bezeichnen. Diese Empfindung haben wir da, wo uns eben die Sonne erscheint." Ich kann wohl nach den Erfahrungen, die ich gelegentlich im Gespräch gemacht habe, sagen, daß die meisten Menschen, welche diesen Fragen nicht durch ernstes Nachdenken näher getreten sind, diese Auffassung einfach haarsträubend finden werden. Natürlich ist das gewöhnliche Konfundieren des sinnlichen und begrifflichen Raumes an diesem Entsetzen wesentlich schuld. Geht man, wie ich es getan habe, von der ökonomischen Aufgabe der Wissenschaft aus, nach welcher nur der Zusammenhang des Beobachtbaren, Gegebenen für uns von Bedeutung ist, alles Hypothetische, Metaphysische, Müßige aber zu eliminieren ist, so gelangt man zu dieser Ansicht. Den gleichen Standpunkt wird man wohl Avenarius zuschreiben müssen, denn wir lesen bei ihm (Der menschliche Weltbegriff, S. 76) die Sätze: „Das Gehirn ist kein Wohnort, Sitz, Erzeuger, kein Instrument oder Organ, kein Träger, oder Substrat u. s. w. des Denkens." „Das Denken ist kein Bewohner oder Befehlshaber, keine andere Hälfte oder Seite u. s. w., aber auch kein Produkt, ja nicht einmal eine physiologische Funktion oder nur ein Zustand überhaupt des Gehirns." Ohne für jedes Wort von Avenarius und dessen Interpretation einstehen zu können und zu wollen, scheint mir doch seine Auffassung der meinigen sehr nahe zu liegen. Der Weg, den Avenarius verfolgt, „die Ausschaltung der Introjektion", ist nur eine besondere Form der Elimination des Metaphysischen.

zu verstehen, als der mannigfaltige Zusammenhang in der Welt.

Wollte man das Ich als eine reale Einheit ansehen, so käme man nicht aus dem Dilemma heraus, entweder eine Welt von unerkennbaren Wesen demselben gegenüberzustellen (was ganz müßig und ziellos wäre), oder die ganze Welt, die Ich anderer Menschen eingeschlossen, nur als in unserm Ich enthalten anzusehen (wozu man sich ernstlich schwer entschließen wird).

Faßt man aber ein Ich nur als eine praktische Einheit auf für eine vorläufig orientierende Betrachtung, als eine stärker zusammenhängende Gruppe von Elementen, welche mit andern Gruppen dieser Art schwächer zusammenhängt, so treten Fragen dieser Art gar nicht auf, und die Forschung hat freie Bahn.

In seinen philosophischen Bemerkungen sagt Lichtenberg: „Wir werden uns gewisser Vorstellungen bewußt, die nicht von uns abhängen; andere, glauben wir wenigstens, hingen von uns ab; wo ist die Grenze? Wir kennen nur allein die Existenz unserer Empfindungen, Vorstellungen und Gedanken. Es denkt, sollte man sagen, so wie man sagt: es blitzt. Zu sagen cogito, ist schon zu viel, sobald man es durch Ich denke übersetzt. Das Ich anzunehmen, zu postulieren, ist praktisches Bedürfnis.“ Mag auch der Weg, auf dem Lichtenberg zu diesem Resultate gelangt, von dem unsrigen etwas verschieden sein, dem Resultate selbst müssen wir zustimmen.

13.

Nicht die Körper erzeugen Empfindungen, sondern Elementenkomplexe (Empfindungskomplexe) bilden die Körper. Erscheinen dem Physiker die Körper als das Bleibende, Wirkliche, die „Elemente“ hingegen als ihr flüchtiger vorübergehender Schein, so beachtet er nicht, daß alle „Körper“ nur Gedankensymbole für Elementenkomplexe (Empfindungskomplexe) sind. Die eigentliche, nächste und letzte Grundlage, welche durch physiologisch-physikalische Untersuchungen noch weiter zu erforschen ist, bilden auch hier die bezeichneten Elemente. Durch

diese Einsicht gestaltet sich in der Physiologie und in der Physik manches viel durchsichtiger und ökonomischer, und durch dieselbe werden manche vermeintlichen Probleme beseitigt.

Die Welt besteht also für uns nicht aus rätselhaften Wesen, welche durch Wechselwirkung mit einem andern ebenso rätselhaften Wesen, dem Ich, die allein zugänglichen ‚Empfindungen' erzeugen. Die Farben, Töne, Räume, Zeiten . . . sind für uns vorläufig die letzten Elemente (vgl. S. 11, 12, 13), deren gegebenen Zusammenhang wir zu erforschen haben [1]). Darin besteht eben die

1) Ich habe es stets als besonderes Glück empfunden, daß mir sehr früh (in einem Alter von 15 Jahren etwa) in der Bibliothek meines Vaters Kants „Prolegomena zu einer jeden künftigen Metaphysik" in die Hand fielen. Diese Schrift hat damals einen gewaltigen unauslöschlichen Eindruck auf mich gemacht, den ich in gleicher Weise bei späterer philosophischer Lektüre nie mehr gefühlt habe. Etwa 2 oder 3 Jahre später empfand ich plötzlich die müßige Rolle, welche das „Ding an sich" spielt. An einem heitern Sommertage im Freien erschien mir einmal die Welt samt meinem Ich als eine zusammenhängende Masse von Empfindungen, nur im Ich stärker zusammenhängend. Obgleich die eigentliche Reflexion sich erst später hinzugesellte, so ist doch dieser Moment für meine ganze Anschauung bestimmend geworden. Übrigens habe ich noch einen langen und harten Kampf gekämpft, bevor ich imstande war, die gewonnene Ansicht auch in meinem Spezialgebiete festzuhalten. Man nimmt mit dem Wertvollen der physikalischen Lehren notwendig eine bedeutende Dosis falscher Metaphysik auf, welche von dem, was beibehalten werden muß, recht schwer losgeht, gerade dann, wenn diese Lehren geläufig geworden. Auch die überkommenen instinktiven Auffassungen traten zeitweilig mit großer Gewalt hervor und stellten sich hemmend in den Weg. Erst durch abwechselnde Beschäftigung mit Physik und Physiologie der Sinne, sowie durch historisch-physikalische Studien habe ich (etwa seit 1863), nachdem ich den Widerstreit in meinen Vorlesungen über Psychophysik (im Auszug in „Zeitschr. f. prakt. Heilkunde", Wien 1863, S. 364) noch durch eine physikalisch-psychologische Monadologie vergeblich zu lösen versucht hatte, in meinen Ansichten eine größere Festigkeit erlangt. Ich mache keinen Anspruch auf den Namen eines Philosophen. Ich wünsche nur in der Physik einen Standpunkt einzunehmen, den man nicht sofort verlassen muß, wenn man in das Gebiet einer anderen Wissenschaft hinüberblickt, da schließlich doch alle ein Ganzes bilden sollen. Die heutige Molekularphysik entspricht dieser Forderung entschieden nicht. Was ich sage, habe ich vielleicht nicht zuerst gesagt. Ich will meine Darlegung auch nicht als eine besondere Leistung hinstellen. Vielmehr glaube ich, daß jeder ungefähr denselben Weg einschlagen wird, der in besonnener Weise auf einem nicht zu beschränkten Wissensgebiet Umschau hält. Meinem Standpunkt nahe liegt jener von Avenarius, den ich 1883 kennen gelernt habe (Philosophie als Denken der Welt nach dem Prinzip des kleinsten Kraftmaßes, 1876). Auch Hering in seiner Rede „Über das Gedächtnis" (Almanach der Wiener Akademie, 1870, S. 258) und J. Popper in dem schönen Buche „Das Recht zu leben und die Pflicht zu sterben", Leipzig 1878, S. 62, bewegen sich zum Teil in ähnlichen Gedanken. Vgl. auch meine Rede „Über die ökonomische

Ergründung der Wirklichkeit. Bei dieser Forschung können wir uns durch die für besondere praktische temporäre und beschränkte Zwecke gebildeten Zusammenfassungen und Abgrenzungen (Körper, Ich, Materie, Geist . . .) nicht hindern lassen. Vielmehr müssen sich bei der Forschung selbst, wie dies in jeder Spezialwissenschaft geschieht, die zweckmäßigsten Denkformen erst ergeben. Es muß durchaus an die Stelle der überkommenen instinktiven eine freiere, naivere, der entwickelten Erfahrung sich anpassende, über die Bedürfnisse des praktischen Lebens hinausreichende Auffassung treten.

14.

Die Wissenschaft entsteht immer durch einen Anpassungsprozeß der Gedanken an ein bestimmtes Erfahrungsgebiet. Das Resultat des Prozesses sind die Gedankenelemente, welche das ganze Gebiet darzustellen vermögen. Das Resultat fällt natürlich verschieden aus, je nach der Art und der Größe des Gebietes. Erweitert sich das Erfahrungsgebiet, oder vereinigen sich mehrere bisher getrennte Gebiete, so reichen die überkommenen geläufigen Gedankenelemente für das weitere Gebiet nicht mehr aus. Im Kampfe der erworbenen Gewohnheit mit dem Streben nach Anpassung entstehen die Probleme, welche mit der vollendeten Anpassung verschwinden, um andern, die einstweilen auftauchten, Platz zu machen.

Dem bloßen Physiker erleichtert der Gedanke eines Körpers die Orientierung, ohne störend zu werden. Wer rein praktische Zwecke verfolgt, wird durch den Gedanken des Ich wesentlich unterstützt. Denn ohne Zweifel behält jede Denkform, welche

---

Natur der physikalischen Forschung" (Almanach der Wiener Akademie, 1882, S. 179 Anmerkung, und Populärwissenschaftliche Vorlesungen, 3. Aufl. 1903, S. 239). Endlich muß ich hier noch auf die Einleitung zu W. Preyers „Reine Empfindungslehre" sowie auf Riehls Freiburger Antrittsrede S. 40 und auf R. Wahles „Gehirn und Bewußtsein", 1884, hinweisen. Meine Ansichten hatte ich 1882 und 1883 zuerst ausführlicher dargelegt, nachdem ich dieselben 1872 und 1875 kurz angedeutet hatte. Wahrscheinlich müßte ich noch viel mehr oder weniger Verwandtes anführen, wenn ich eine ausgebreitetere Literaturkenntnis hätte.

unwillkürlich oder willkürlich für einen besonderen Zweck gebildet wurde, für eben diesen Zweck einen bleibenden Wert. Sobald aber Physik und Psychologie sich berühren, zeigen sich die Gedanken des einen Gebietes als unhaltbar in dem andern. Dem Bestreben der gegenseitigen Anpassung entspringen die mannigfaltigen Atom- und Monadentheorien, ohne doch ihrem Zweck genügen zu können. Die Probleme erscheinen im wesentlichen beseitigt, die erste und wichtigste Anpassung demnach ausgeführt, wenn wir die Elemente (in dem oben S. 10 bezeichneten Sinne) als Weltelemente ansehen. Diese Grundanschauung kann (ohne sich als eine Philosophie für die Ewigkeit auszugeben) gegenwärtig allen Erfahrungsgebieten gegenüber festgehalten werden; sie ist also diejenige, welche mit dem geringsten Aufwand, ökonomischer als eine andere, dem temporären Gesamtwissen gerecht wird. Diese Grundanschauung tritt auch im Bewußtsein ihrer lediglich ökonomischen Funktion mit der höchsten Toleranz auf. Sie drängt sich nicht auf in Gebieten, in welchen die gangbaren Anschauungen noch ausreichen. Sie ist auch stets bereit, bei neuerlicher Erweiterung des Erfahrungsgebietes, einer besseren zu weichen.

15.

Die Vorstellungen und Begriffe des gemeinen Mannes von der Welt werden nicht durch die volle, reine Erkenntnis als Selbstzweck, sondern durch das Streben nach günstiger Anpassung an die Lebensbedingungen gebildet und beherrscht. Darum sind sie weniger genau, bleiben aber dafür auch vor den Monstrositäten bewahrt, welche bei einseitiger eifriger Verfolgung eines wissenschaftlichen (philosophischen) Gesichtspunktes sich leicht ergeben. Dem unbefangenen, psychisch voll entwickelten Menschen erscheinen die Elemente, die wir mit A B C . . bezeichnet haben, räumlich neben und außerhalb der Elemente K L M und zwar unmittelbar, nicht etwa durch einen psychischen Projektions- oder einen logischen Schluß- oder Construktionsprozeß, der, wenn er auch existieren würde, sicher nicht ins Be-

wußtsein fiele. Er sieht also eine von seinem Leib K L M . . verschiedene, außer diesem existierende „Außenwelt“ A B C . . Indem er zunächst die Abhängigkeit der A B C . . von den, sich immer in ähnlicher Weise wiederholenden, und daher wenig bemerkten K L M . . nicht beachtet, sondern den festen Zusammenhängen der A B C . . unter einander nachgeht, erscheint ihm eine von seinem Ich unabhängige Welt von Dingen. Dieses Ich bildet sich durch die Beachtung der besonderen Eigenschaften des Einzeldinges K L M . ., mit welchen Schmerz, Lust, Fühlen, Wollen usw. aufs engste zusammenhängen. Er bemerkt ferner Dinge K' L' M', K" L" M" . ., die sich ganz analog K L M verhalten, und deren Verhalten im Gegensatz zu demjenigen von A B C . . ihm erst recht vertraut wird, sobald er sich an dieselben ganz analoge Empfindungen, Gefühle usw. gebunden denkt, wie er dieselben an sich selbst beobachtet. Die Analogie, welche ihn hierzu treibt, ist dieselbe, die ihn bestimmt, an einem Draht, an dem er alle Eigenschaften eines elektrisch durchströmten Leiters, mit Ausnahme einer jetzt nicht direkt nachweisbaren, beobachtet, auch diese eine als vorhanden anzusehen. Indem er nun die Empfindungen der Mitmenschen und Tiere nicht wahrnimmt, sondern nur nach der Analogie ergänzt, während er aus dem Verhalten der Mitmenschen entnimmt, daß sie sich ihm gegenüber in demselben Falle befinden, sieht er sich veranlaßt, den Empfindungen, Erinnerungen usw. eine besondere von A B C K L M . . . verschiedene Natur zuzuschreiben, die je nach der Kulturstufe ungleich aufgefaßt wird, was, wie oben gezeigt wurde, unnötig ist und auf wissenschaftliche Irrwege führt, wenn dies auch fürs praktische Leben von geringer Bedeutung ist.

Diese, die intellektuelle Situation des naiven Menschen bestimmenden Momente treten je nach Bedürfnis des praktischen Lebens in diesem abwechselnd hervor und bleiben in einem nur wenig schwankenden Gleichgewicht. Die wissenschaftliche Weltbetrachtung betont aber bald das eine, bald das andere Moment stärker, nimmt bald von dem einen, bald von dem andern ihren Ausgangspunkt, und sucht in ihrem Streben nach Verschärfung,

Einheitlichkeit und Konsequenz die entbehrlichen Auffassungen, so viel als ihr möglich scheint, zu verdrängen. So entstehen die dualistischen und die monistischen Systeme.

Der naive Mensch kennt die Blindheit, Taubheit, und weiß aus den alltäglichen Erfahrungen, daß das Aussehen der Dinge durch seine Sinne beeinflußt wird; es fällt ihm aber nicht ein, die ganze Welt zu einer Schöpfung seiner Sinne zu machen. Ein idealistisches System oder gar die Monstrosität des Solipsismus wäre ihm praktisch unerträglich.

Die unbefangene wissenschaftliche Betrachtung wird leicht dadurch getrübt, daß eine für einen besonderen engbegrenzten Zweck passende Auffassung von vornherein zur Grundlage aller Untersuchungen gemacht wird. Dies geschieht z. B., wenn alle Erlebnisse als in das Bewußtsein sich erstreckende „Wirkungen" einer Außenwelt angesehen werden. Ein scheinbar unentwirrbares Knäuel von methaphysischen Schwierigkeiten ist hiermit gegeben. Der Spuk verschwindet jedoch sofort, wenn man die Sache sozusagen in mathematischem Sinne auffaßt, und sich klar macht, daß nur die Ermittlung von Funktionalbeziehungen für uns Wert hat, daß es lediglich die Abhängigkeiten der Erlebnisse voneinander sind, die wir zu kennen wünschen. Zunächst ist dann klar, dass die Beziehung auf unbekannte, nicht gegebene Urvariable (Dinge an sich) eine rein fiktive und müßige ist. Aber auch wenn man diese zwar unökonomische Fiktion zunächst bestehen läßt, kann man leicht die verschiedenen Klassen der Abhängigkeit unter den Elementen der „Tatsachen des Bewußtseins" unterscheiden; und das ist für uns allein wichtig.

$A\,B\,C\ldots\,K\,L\,M\ldots$	$\alpha\,\beta\,\gamma\,\ldots$
$K'\,L'\,M'\ldots$	$\alpha'\,\beta'\,\gamma'\,\ldots$
$K''\,L''\,M''\ldots.$	$\alpha''\,\beta''\,\gamma''\,\ldots$

In vorstehendem Schema ist das System der Elemente angedeutet. Innerhalb des einfach umzogenen Raumes liegen die Elemente, welche der Sinnenwelt angehören, und deren gesetz-

mäßige Verbindung, deren eigenartige Abhängigkeit von einander, die physikalischen (leblosen) Körper, sowie die Leiber der Menschen, Tiere und Pflanzen darstellt. Wieder in ganz besonderer Abhängigkeit stehen alle diese Elemente von einigen der Elemente K L M, den Nerven unseres Leibes, worin sich die Tatsachen der Sinnesphysiologie aussprechen. Der doppelt umzogene Raum enthält die dem höhern psychischen Leben angehörigen Elemente, die Erinnerungsbilder, Vorstellungen, darunter auch diejenigen, welche wir uns von dem psychischen Leben der Mitmenschen bilden, die durch Akzente unterschieden werden mögen. Die Vorstellungen hängen zwar unter einander wieder in anderer Weise zusammen (Assoziation, Phantasie) als die sinnlichen Elemente A B C . . . K L M, doch läßt sich nicht zweifeln, daß sie mit den letzteren in der intimsten Verwandtschaft stehen, und daß ihr Verhalten in letzter Linie durch A B C . . . K L M, die gesamte physikalische Welt, insbesondere durch unsern Leib, und das Nervensystem bestimmt ist. Die Vorstellungen $\alpha' \beta' \gamma'$ . . von dem Bewußtseinsinhalt unserer Mitmenschen spielen für uns die Rolle von Zwischensubstitutionen, durch welche uns das Verhalten der Mitmenschen, die Funktionalbeziehung von K′ L′ M′ zu A B C, soweit dasselbe für sich allein (physikalisch) unaufgeklärt bliebe, verständlich wird.

Es ist also für uns wichtig zu erkennen, daß es bei allen Fragen, die hier vernünftigerweise gestellt werden, und die uns interessieren können, auf die Berücksichtigung verschiedener Grundvariablen und verschiedener Abhängigkeitsverhältnisse ankommt. Das ist die Hauptsache. An dem Tatsächlichen, an den Funktionalbeziehungen, wird nichts geändert, ob wir alles Gegebene als Bewußtseinsinhalt, oder aber teilweise oder ganz als physikalisch ansehen[1]). Die biologische Aufgabe der Wissenschaft ist, dem vollsinnigen menschlichen Individuum eine möglichst vollständige Orientierung zu bieten. Ein anderes

1) Vgl. die vortrefflichen Ausführungen bei J. Petzoldt, Solipsismus auf praktischem Gebiet (Vierteljahrsschrift f. wissenschaftliche Philosophie XXV, 3, S. 339). — Schuppe, Der Solipsismus (Zeitschr. f. immanente Philosophie, Bd. III, S. 327).

wissenschaftliches Ideal ist nicht realisierbar, und hat auch keinen Sinn.

Der philosophische Standpunkt des gemeinen Mannes, wenn man dessen naivem Realismus diesen Namen zuerkennen will, hat Anspruch auf die höchste Wertschätzung. Derselbe hat sich ohne das absichtliche Zutun des Menschen in unmeßbar langer Zeit ergeben; er ist ein Naturprodukt und wird durch die Natur erhalten. Alles, was die Philosophie geleistet hat — die biologische Berechtigung jeder Stufe, ja jeder Verirrung zugestanden —, ist dagegen nur ein unbedeutendes ephemeres Kunstprodukt. Und wirklich sehen wir jeden Denker, auch jeden Philosophen, sobald er durch praktische Bedrängnis aus seiner einseitigen intellektuellen Beschäftigung vertrieben wird, sofort den allgemeinen Standpunkt einnehmen. Professor X, welcher theoretisch Solipsist zu sein glaubt, ist es praktisch gewiß nicht, sobald er dem Minister für einen erhaltenen Orden dankt, oder seinem Auditorium eine Vorlesung hält. Der geprügelte Pyrrhonist in Molières „Mariage forcé" sagt nicht mehr: „il me semble que vous me battez", sondern nimmt die Schläge als wirklich erhalten an.

Die „Vorbemerkungen" suchen auch keineswegs den Standpunkt des gemeinen Mannes zu diskreditieren. Dieselben stellen sich nur die Aufgabe zu zeigen, warum und zu welchem Zweck wir den größten Teil des Lebens diesen Standpunkt einnehmen, und warum, zu welchem Zweck und in welcher Richtung wir denselben vorübergehend verlassen müssen. Kein Standpunkt hat eine absolute bleibende Geltung; jeder ist nur wichtig für einen bestimmten Zweck. S.Z.1.

II. Über vorgefaßte Meinungen.

1.

Der Physiker hat oft Gelegenheit zu sehen, wie sehr die Erkenntnis eines Gebietes dadurch gehemmt werden kann, daß anstatt der vorurteilslosen Untersuchung desselben an sich die auf einem andern Gebiet gefaßten Ansichten auf dasselbe übertragen werden. Weit bedeutender ist die Störung, welche durch solche Übertragung vorgefaßter Meinungen aus dem Gebiet der Physik in jenes der Psychologie entsteht. Erläutern wir dies durch einige Beispiele.

Ein Physiker beobachtet das verkehrte Netzhautbild an einem ausgeschnittenen Auge und stellt sich die Frage, wie es kommt, daß ein Punkt, der im Raume unten liegt, sich auf der Netzhaut oben abbildet. Diese Frage beantwortet er durch dioptrische Untersuchungen. Wenn nun dieselbe Frage, welche im Gebiete der Physik vollkommen berechtigt ist, in die Psychologie übertragen wird, erzeugt sie nur Unklarheiten. Die Frage, warum wir die verkehrten Netzhautbilder aufrecht sehen, hat als psychologisches Problem keinen Sinn. Die Lichtempfindungen der einzelnen Netzhautstellen sind von Anbeginn mit Raumempfindungen verknüpft, und wir nennen die Orte, welche den unten gelegenen Stellen der Netzhaut entsprechen, „oben". Dem empfindenden Subjekt kann sich eine solche Frage gar nicht ergeben.

Ebenso verhält es sich mit der bekannten Theorie der Projektion nach außen. Es ist die Aufgabe des Physikers, den leuchtenden Objektpunkt zu dem Bildpunkt auf der Netzhaut in der

Verlängerung des durch den Bildpunkt und den Kreuzungspunkt des Auges gezogenen Strahles zu suchen. Für das empfindende Subjekt existiert ein solches Problem nicht, da die Lichtempfindungen von Anfang an an bestimmte Raumempfindungen geknüpft sind. Die ganze Theorie des psychologischen Ursprungs der Außenwelt durch Projektion der Empfindungen nach außen beruht nur auf einer mißverständlichen Anwendung physikalischer Gesichtspunkte. Unsere Gesichts- und Tastempfindungen sind an verschiedene Raumempfindungen gebunden, d. h. sie sind nebeneinander und außereinander, sie befinden sich in einem räumlichen Feld, von welchem unser Leib nur einen Teil erfüllt. Der Tisch, der Baum, das Haus liegt also selbstverständlich außerhalb meines Leibes. Ein Projektionsproblem liegt also niemals vor, wird weder bewußt noch unbewußt gelöst.

Ein Physiker (Mariotte) findet, daß eine bestimmte Stelle der Netzhaut blind ist. Der Physiker ist gewohnt, jedem Raumpunkt einen Bildpunkt und jedem Bildpunkt eine Empfindung zuzuordnen. So entsteht die Frage: Was sehen wir an den dem blinden Fleck entsprechenden Raumstellen? Wie wird die Lücke ausgefüllt? Wenn die unberechtigte physikalische Fragenform aus der psychologischen Untersuchung ausgeschaltet wird, finden wir, daß ein Problem hier überhaupt nicht besteht. Wir sehen nichts an der blinden Stelle, die Lücke im Bild wird überhaupt nicht ausgefüllt. Die Lücke wird vielmehr gar nicht empfunden, einfach darum, weil ein Fehlen der Lichtempfindung an einer von Haus aus blinden Stelle so wenig bemerkt werden kann, als etwa die blinde Haut des Rückens eine Lücke im Gesichtsfeld bedingen kann. S.Z.2

Ich habe absichtlich einfache und naheliegende Beispiele gewählt, um zu zeigen, welche unnötige Verwirrung durch die unvorsichtige Übertragung der in einem Gebiet gültigen Ansicht oder Denkweise auf ein gänzlich anderes entstehen kann.

In dem Werk eines berühmten deutschen Ethnographen las ich den folgenden Satz: „dieser Stamm hat sich durch Menschenfresserei tief entwürdigt". Daneben lag das Buch eines englischen

Forschers, welches sich mit demselben Gegenstande beschäftigt. Der letztere stellt einfach die Frage auf, warum gewisse Südseeinsulaner Kannibalen sind, findet im Verlaufe der Untersuchung, daß auch unsere Vorfahren Kannibalen waren, und gelangt auch zum Verständnis der Anschauungen der Indier in dieser Frage. Dieses leuchtete auch einmal meinem 5 Jahre alten Knaben auf, der beim Verspeisen eines Bratens plötzlich erschreckt und betroffen innehielt und ausrief: „Wir sind für die Tiere Menschenfresser!“ „Du sollst nicht Menschen fressen“ ist ein sehr lobenswerter Grundsatz. In dem Munde des Ethnographen vernichtet er aber den erhabenen milden Glanz der Unbefangenheit, in dem wir den Forscher so gern erblicken. Noch einen Schritt weiter, und wir sagen auch: ‚Der Mensch darf nicht vom Affen abstammen“, die Erde soll sich nicht drehen”, „die Materie soll den Raum nicht kontinuierlich ausfüllen“, „die Energie muß konstant sein“ usw. Ich glaube, daß unser Vorgehen sich nur dem Grade nach und nicht der Art nach von dem eben bezeichneten unterscheidet, wenn wir physikalische Ansichten mit dem Anspruch der absoluten Giltigkeit, ohne vorher deren Verwendbarkeit erprobt zu haben, in das Gebiet der Psychologie übertragen. In solchen Fällen unterliegen wir dem Dogma, wenn auch nicht dem aufgezwungenen, wie unsere scholastischen Vorfahren, so doch dem selbstgemachten. Und welches Forschungsergebnis könnte durch lange Gewohnheit nicht zum Dogma werden? Dieselbe Gewandtheit, welche wir uns für oft wiederkehrende intellektuelle Situationen erworben haben, benimmt uns ja die Frische und Unbefangenheit, deren wir in neuen Situationen so sehr bedürfen.

Nach diesen allgemeinen Bemerkungen kann ich die nötigen erläuternden Ausführungen über meine Stellung zum Dualismus des Physischen und Psychischen vorbringen. Derselbe ist meines Erachtens künstlich und ohne Not herbeigeführt.

2.

Bei Untersuchung rein physikalischer Prozesse verwenden wir gewöhnlich so abstrakte Begriffe, daß wir in der Regel nur

flüchtig oder gar nicht an die Empfindungen (Elemente) denken, welche diesen Begriffen zugrunde liegen. Wenn ich z. B. feststelle, daß der elektrische Strom von der Intensität 1 Ampère in der Minute $10^1/_2$ ccm Knallgas von 0^0 C und 760 mm Quecksilberdruck entwickelt, bin ich sehr geneigt, den definierten Objekten eine von meinen Sinnesempfindungen ganz unabhängige Realität zuzuschreiben. Um aber zu dem Definierten zu gelangen, bin ich genötigt, den Strom, dessen ich mich nur durch Sinnesempfindungen versichern kann, durch einen kreisförmigen Draht von bestimmtem Radius zu leiten, so daß derselbe bei gegebener Intensität des Erdmagnetismus die Magnetnadel um einen bestimmten Winkel aus dem Meridian ablenkt. Die Bestimmung der magnetischen Intensität, der Knallgasmenge usw., ist nicht weniger umständlich. Die ganze Bestimmung gründet sich auf eine fast unabsehbare Reihe von Sinnesempfindungen, insbesondere wenn noch die Justierung der Apparate in Betracht gezogen wird, welche der Bestimmung vorausgehen muß. Nun kann es dem Physiker, der nicht die Psychologie seiner Operationen studiert, leicht begegnen, daß er, um eine bekannte Redeweise umzukehren, die Bäume vor lauter Wald nicht bemerkt, daß er die Empfindungen als Grundlage seiner Begriffe übersieht. Ich halte nun aufrecht, daß ein physikalischer Begriff nur eine bestimmte Art des Zusammenhanges sinnlicher Elemente bedeutet, welche in dem vorigen mit A B C . bezeichnet wurden. Diese Elemente — Elemente in dem Sinne, daß eine weitere Auflösung bisher noch nicht gelungen ist — sind die einfachsten Bausteine der physikalischen (und auch der psychologischen) Welt.

Eine physiologische Untersuchung kann einen durchaus physikalischen Charakter haben. Ich kann den Verlauf eines physikalischen Prozesses durch einen sensiblen Nerv zum Zentralorgan verfolgen, von da seine verschiedenen Wege zu den Muskeln aufsuchen, deren Kontraktion neue physikalische Veränderungen in der Umgebung bedingt. Ich muß hierbei an keine Empfindung des beobachteten Menschen oder Tieres denken. Was ich untersuche, ist ein rein physikalisches Objekt. Ohne Zweifel fehlt

hier sehr viel zum Verständnis der Einzelheiten, und die Versicherung, daß alles auf „Bewegung der Moleküle“ beruhe, kann mich über meine Unwissenheit nicht trösten und nicht täuschen.

Lange vor Entwicklung einer wissenschaftlichen Psychologie hat jedoch der Mensch bemerkt, daß das Verhalten eines Tieres unter physikalischen Einflüssen viel besser vorausgesehen, d. h. verstanden wird, indem ihm Empfindungen, Erinnerungen ähnlich den unsrigen zugeschrieben werden. Das, was ich beobachte, meine Empfindungen, habe ich in Gedanken zu ergänzen durch die Empfindungen des Tieres, welche ich nicht im Gebiete meiner Empfindungen antreffe. Dieser Gegensatz erscheint dem Forscher, welcher einen Nervenprozeß mit Hilfe farbloser abstrakter Begriffe verfolgt, und der z. B. genötigt ist, diesem Prozeß in Gedanken die Empfindung Grün hinzuzufügen, sehr schroff. Diese letztere erscheint in der Tat als etwas gänzlich Neues und Fremdartiges, und wir stellen uns die Frage, wie dieses wunderbare Ding aus chemischen Prozessen, elektrischen Strömen u. dgl. hervorgehen kann.

3.

Die psychologische Analyse belehrt uns darüber, daß diese Verwunderung nicht gerechtfertigt ist, indem der Physiker immer mit Empfindungen operiert. Dieselbe Analyse zeigt auch, daß die Ergänzung von Komplexen von Empfindungen in Gedanken nach der Analogie durch augenblicklich nicht beobachtete Elemente, oder solche, welche überhaupt nicht beobachtet werden können, vom Physiker tagtäglich geübt wird. Dies geschieht z. B., wenn er sich den Mond als greifbare, schwere, träge Masse vorstellt. Die gänzliche Fremdartigkeit der oben bezeichneten Situation ist also eine Illusion.

Die Illusion verschwindet auch durch eine andere Betrachtung, welche sich auf die eigene sinnliche Sphäre beschränkt. Vor mir liegt das Blatt einer Pflanze. Das Grün (A) des Blattes ist verbunden mit einer gewissen optischen Raumempfindung (B), einer gewissen Tastempfindung (C) und mit der Sichtbarkeit der

Sonne oder der Lampe (D). Wenn das Gelb (E) der Natriumflamme an die Stelle der Sonne tritt, so übergeht das Grün des Blattes in Braun (F). Wenn das Chlorophyll durch Alkohol entfernt wird, eine Operation, die ebenfalls durch sinnliche Elemente darstellbar ist, verwandelt sich das Grün (A) in Weiß (G). Alle diese Beobachtungen sind physikalische. Doch das Grün (A) ist auch mit einem Prozeß meiner Netzhaut verknüpft. Nichts hindert mich prinzipiell, diesen Prozeß in meinem Auge in derselben Weise zu untersuchen, wie in den oben erwähnten Fällen, und denselben in Elemente X Y Z . . . aufzulösen. Stehen der Untersuchung am eigenen Auge Schwierigkeiten im Wege, so kann sie am fremden Auge ausgeführt und die Lücke nach der Analogie ausgefüllt werden, genau so, wie bei andern physikalischen Untersuchungen. Nun ist A in seiner Abhängigkeit von B C D E . . . ein physikalisches Element, in seiner Abhängigkeit von X Y Z . . . ist es eine Empfindung, und kann auch als psychisches Element aufgefaßt werden. Das Grün (A) an sich wird aber in seiner Natur nicht geändert, ob wir unsere Aufmerksamkeit auf die eine oder auf die andere Form der Abhängigkeit richten. Ich sehe daher keinen Gegensatz von Psychischem und Physischem, sondern einfache Identität in bezug auf diese Elemente. In der sinnlichen Sphäre meines Bewußtseins ist jedes Objekt zugleich physisch und psychisch. (Vgl. S. 14.)

4.

Die Dunkelheit, die man in dieser intellektuellen Situation gefunden hat, entspringt meines Erachtens nur einer physikalischen Voreingenommenheit, welche in das psychologische Gebiet übertragen wurde. Der Physiker sagt: Ich finde überall nur Körper und Bewegungen von Körpern, keine Empfindungen; Empfindungen müssen also etwas von den physikalischen Objekten, mit welchen ich verkehre, Grundverschiedenes sein. Der Psychologe akzeptiert den zweiten Teil der Behauptung. Ihm sind, das ist richtig, zunächst die Empfindungen gegeben;

denselben entspricht aber ein mysteriöses physikalisches Etwas, welches nach der vorgefaßten Meinung von Empfindungen gänzlich verschieden sein muß. Was ist aber in Wirklichkeit das Mysteriöse? Ist es die Physis oder ist es die Psyche? oder sind es vielleicht gar beide? Fast scheint es so, da bald die eine, bald die andere, in undurchdringliches Dunkel gehüllt, unerreichbar scheint. Oder werden wir hier vom bösen Geist im Kreis herum geführt?

Ich glaube das letztere. Für mich sind die Elemente A B C... unmittelbar und unzweifelhaft gegeben, und für mich können dieselben nachträglich nicht durch Betrachtungen verflüchtigt werden, welche sich in letzter Linie doch immer auf deren Existenz gründen.

Die Spezialuntersuchung der sinnlichen physisch-psychischen Sphäre, welche durch diese allgemeine Orientierung nicht überflüssig wird, hat die Aufgabe, den eigenartigen Zusammenhang der A B C . . . zu ermitteln. Dies kann symbolisch so ausgedrückt werden, daß man der Spezialforschung das Ziel setzt, Gleichungen von der Form F (A, B, C . .) = o zu finden. S.Z.3.

III. Mein Verhältnis zu R. Avenarius und andern Forschern.

1.

Auf Berührungspunkte der hier vertretenen Ansichten mit jenen verschiedener Philosophen und philosophisch denkender Naturforscher ist schon früher hingewiesen worden. Sollte ich dieselben vollständig aufzählen, so müßte ich wohl bei Spinoza beginnen. Daß meine Ausgangspunkte von jenen Hume's nicht wesentlich verschieden sind, ist wohl deutlich. Von Comte muß ich mich darin entfernen, daß mir die psychologischen Tatsachen als mindestens ebenso wichtige Erkenntnisquellen erscheinen wie die physikalischen. Auch den Vertretern der immanenten Philosophie stehe ich recht nahe. Namentlich von Schuppe, dessen Schriften ich 1902 kennen gelernt habe, kann ich dies sagen. Besonders dessen gedankendichter, ohne besonderes Wörterbuch lesbarer, „Grundriß der Erkenntnistheorie und Logik" hat mich sehr sympathisch berührt. Ich habe in diesem Buche kaum etwas gefunden, dem ich nicht, vielleicht mit einer kleinen Modifikation, freudig zustimmen würde. Die Auffassung des Ich bildet allerdings einen Differenzpunkt, über den sich aber wohl eine Verständigung erzielen ließe. In Bezug auf R. Avenarius ist die Verwandtschaft eine so nahe, als sie bei zwei Individuen von verschiedenem Entwicklungsgang und verschiedenem Arbeitsfeld, bei voller gegenseitiger Unabhängigkeit überhaupt erwartet werden kann. Die Übereinstimmung wird etwas verdeckt durch die große Verschiedenheit der Form. Avenarius gibt eine sehr

ausführliche, dabei doch allgemein gehaltene schematische Darstellung, deren Dürchschauen noch durch eine fremdartige, ungewöhnliche Terminologie erschwert wird. Zu solcher Darstellung hatte ich weder Anlaß noch Beruf, weder Neigung noch auch Talent. Ich bin eben Naturforscher und nicht Philosoph. Ich suchte lediglich einen sicheren klaren philosophischen Standpunkt zu gewinnen, von dem aus sowohl in das Gebiet der Psychophysiologie, als auch in jenes der Physik gangbare Wege sich zeigten, auf welchen keine metaphysischen Nebel lagerten. Hiermit hielt ich alles für gewonnen. Meine Darstellung hat, obwohl sie ebenfalls auf langjährigem und in früher Jugend begonnenem Nachdenken beruht, in ihrer Kürze die Form eines Aperçu, und ich werde gar nicht verletzt sein, wenn man sie als ein solches auffassen will. Ich gebe gern zu, daß ich in meiner Abneigung gegen eine künstliche Terminologie vielleicht in das entgegengesetzte Extrem verfallen bin als Avenarius. Ist dieser oft gar nicht verstanden, jedenfalls spät verstanden worden, so hat man meine Worte oft genug mißverstanden. Ein geistreicher Kritiker, welcher findet, daß ich zu manchen Resultaten gelangt bin, zu welchen ich nicht hätte kommen sollen (!) — der sich also die Mühe der Untersuchung wohl ersparen kann, da er die Resultate schon kennt, zu welchen dieselbe führen soll — wirft mir auch vor, daß ich nicht recht zu fassen sei, da ich mich nur der ganz gewöhnlichen Sprache bediene, und demnach das „System", dem ich mich anschließe, nicht ersichtlich sei. Man hat also vor allem ein System zu wählen; dann darf man innerhalb desselben auch denken und sprechen. So hat man in meine Worte landläufige geläufige Ansichten recht bequem hineingelesen, mich zu einem Idealisten, Berkeleyaner, auch Materialisten u. s. w. gemacht, woran ich unschuldig zu sein glaube.

Jede der beiden extremen Darstellungsweisen hat eben ihre Vor- und Nachteile. Aber auch auf die gegenseitige Verständigung zwischen Avenarius und mir hat die Formverschiedenheit nachteiligen Einfluß geübt. Ich erkannte ja die Verwandtschaft der Ansichten sehr bald, und gab meiner Überzeugung, daß eine

solche bestehe, 1883 in der „Mechanik“ und 1886 in der ersten Auflage dieses Buches Ausdruck, wobei ich aber nur auf eine kleine Schrift von Avenarius[1]), welche 1876 erschienen, und mir kurz vor Ausgabe der Mechanik durch einen Zufall bekannt geworden war, hinweisen konnte. Die Gleichartigkeit der Tendenz trat für mich erst 1888, 1891 und 1894 durch Avenarius' Publikationen: „Kritik der reinen Erfahrung“, „Der menschliche Weltbegriff“ und seine psychologischen Artikel in der Vierteljahrsschrift voll hervor. Hier hinderte mich aber bei ersterer Schrift die etwas hypertrophische Terminologie, die Freude der Zustimmung in vollen Zügen zu genießen. Es ist ja von einem älteren Menschen viel verlangt, daß er zu den vielen Sprachen der Völker auch noch die Sprache eines Einzelnen erlerne. Es blieb also der jüngeren Generation vorbehalten, die Arbeit von Avenarius nutzbar zu machen. Ich freue mich hier auf die Schriften von H. Cornelius, C. Hauptmann und J. Petzoldt hinweisen zu können, welche daran sind, den Kern der Avenariusschen Arbeiten bloßzulegen und weiter zu entwickeln. Auch Avenarius hat seinerseits die Verwandtschaft anerkannt, und in den 1888 bis 1895 erschienenen Schriften darauf Bezug genommen. Doch scheint sich die Überzeugung von einer tiefergehenden Übereinstimmung auch bei ihm erst allmählich entwickelt zu haben, wie ich nach älteren Äußerungen gegen dritte Personen annehmen muß. Persönlich habe ich Avenarius nie kennen gelernt. Trotz des unverkennbaren Strebens, das Andenken an Avenarius zu schwächen, nimmt die Kenntnis seiner Arbeiten einen erfreulichen Aufschwung.

2.

Ich möchte nun diejenigen Punkte der Übereinstimmung insbesondere bezeichnen, auf welche ich Wert lege. Die Ökonomie des Denkens, die ökonomische Darstellung des Tatsächlichen habe ich zuerst 1871, 1872 in aller Kürze als die wesentliche Aufgabe der Wissenschaft bezeichnet und 1882, 1883 darauf bezügliche weitere Ausführungen gegeben. Wie ich anderwärts gezeigt

1) Denken der Welt nach dem Prinzip des kleinsten Kraftmaßes, 1876.

habe, ist diese Auffassung, welche auch den Kirchhoffschen Gedanken der „vollständigen einfachsten Beschreibung“ (1874) implizite enthält und antizipiert, keineswegs ganz neu, sondern läßt sich bis auf Adam Smith und, wie P. Volkmannn meint, in den Anfängen bis auf Newton zurück verfolgen. Dieselbe Auffassung finden wir nun, abgesehen von einem gewissen verhüllten Zug in der Darstellung, sehr ausgebildet bei Avenarius wieder (1876).

Die eben bezeichnete Ansicht erhält sofort eine breite Grundlage und wird von neuen Seiten aufgeklärt, wenn man, den Anregungen der Darwinschen Theorie folgend, das ganze psychische Leben — die Wissenschaft eingeschlossen — als biologische Erscheinung auffaßt, die Darwinschen Vorstellungen vom Kampf ums Dasein, von der Entwicklung und Auslese auf dieselbe anwendet. Diese Ansicht ist untrennbar von der Annahme, daß alles und jedes Psychische physisch fundiert, bestimmt sei. In seiner „Kritik der reinen Erfahrung“ versucht nun Avenarius im einzelnen alles theoretische und praktische Verhalten als bestimmt durch Änderungen des Zentralnervensystems darzustellen. Hierbei geht er nur von der sehr allgemeinen Voraussetzung aus, daß das Zentralorgan nicht nur als Ganzes, sondern auch in seinen Teilen ein Strebeh hat, sich zu erhalten, eine Tendenz, seinen Gleichgewichtszustand zu bewahren. Diese stimmt sehr gut mit den Vorstellungen, die Hering von dem Verhalten der lebendigen Substanz entwickelt hat. Mit diesen Ansichten steht Avenarius der modernen positiven Forschung, speziell der physiologischen, sehr nahe. Auch in meinen Arbeiten treten entsprechende Äußerungen zwar kurz, aber bestimmt schon seit 1863 hervor, und 1883 habe ich dieselben breiter dargelegt, ohne jedoch ein vollständiges System zu entwickeln, wie Avenarius.

Den höchsten Wert lege ich aber auf die Übereinstimmung in der Auffassung des Verhältnisses des Physischen und Psychischen. Diese ist für mich der Kernpunkt. Von dieser Koinzidenz mit Avenarius wurde ich eigentlich erst durch dessen psychologische Artikel überzeugt. Um ganz sicher zu gehen, richtete ich eine darauf bezügliche Frage an Herrn Dr. Rudolf Wlassak, der

durch seinen mehrjährigen Verkehr mit Avenarius mit dessen Standpunkt wohl vertraut sein mußte. Ich lasse hier seine Antwort folgen:

„Die Auffassung des Verhältnisses des „Physischen" zum „Psychischen" ist bei Avenarius und Mach dieselbe. Beide kommen zu dem Resultat, daß der Unterschied des Physischen und Psychischen nur in der Verschiedenheit der Abhängigkeitsverhältnisse gegeben ist, die einerseits Objekt der Physik — im weitesten Sinne des Wortes —, andererseits der Psychologie sind. Untersuche ich die Abhängigkeit eines Umgebungsbestandteils A von einem zweiten Umgebungsbestandteil B, so treibe ich Physik; untersuche ich, inwiefern A durch eine Änderung der Sinnesorgane oder des Zentralnervensystems eines lebenden Wesens geändert wird, so treibe ich Psychologie. Avenarius hat demgemäß vorgeschlagen, die Termini physisch und psychisch zu eliminieren und nur mehr von physikalischen und psychologischen Abhängigkeiten zu sprechen (Bemerkungen, Vierteljahrsschrift XIX, S. 18). Bei Mach erscheint diese Anschauung, ohne (?) daß die Unhaltbarkeit der alten Auffassung des Psychischen und demgemäß der Aufgabe der Psychologie dargetan wird."

„Diese Aufgabe löst die Aufdeckung der „Introjektion", resp. des formal-logischen Fehlers, der der Introjektion zugrunde liegt. Avenarius geht davon aus, daß am Anfang alles Philosophierens der naive Realismus, die „natürliche Weltansicht" steht. Innerhalb dieser natürlichen Weltansicht kann sich eine relative Abgrenzung des Komplexes „Ich" und des Komplexes „Umgebung", „Körperwelt" vollziehen, ohne daß dies zu dem „Dualismus" von „Körper" und „Seele" zu führen braucht, da vom Standpunkt des naiven Realismus, die dem „Ich", dem eigenen Körper angehörenden Bestandteile durchaus vergleichbar den Bestandteilen der Umgebung sind. Selbst wenn die erste Orientierung zur Bildung von Substanzbegriffen fortschreitet (Mach, Analyse, S. 4), so ist damit die völlige Wesensverschiedenheit von Körper und Seele nicht gegeben. Die eigentliche Spaltung der ursprünglich einheitlich — naiv realistisch —

aufgefaßten Welt vollzieht sich nach Avenarius bei der Deutung der Aussagen der Mitmenschen. Solange ich sage, der Baum ist nicht nur für mich da, sondern die Aussagen des Mitmenschen lassen mich annehmen, daß er für ihn in derselben Weise da ist, wie für mich, überschreite ich in keiner Weise die formal-logisch zulässige Analogie zwischen mir und dem Mitmenschen. Dies tue ich aber, wenn ich sage, der Baum ist als „Abbild", „Empfindung", „Vorstellung" in dem Mitmenschen, wenn ich den Baum einlege, introjiziere, da ich dann für den Mitmenschen etwas annehme, was ich in keiner Weise in meiner eigenen Erfahrung vorfinde, die mir die Umgebungsbestandteile immer nur in einer bestimmten räumlichen Beziehung zu meinem Körper, niemals in meinem Bewußtsein oder dergl. aufweist. Da die Introjektion eine Überschreitung der Erfahrung ist, so muß jeder Versuch, sie mit den Tatsachen der Erfahrung in Einklang zu bringen, zu einer unerschöpflichen Quelle von Scheinproblemen werden. Das zeigt sich am klarsten an den verschiedenen Formen, die sie im Laufe der Geschichte der Philosophie angenommen hat. Die ältesten rohesten Theorien der Wahrnehmungen zeigten die Einlegung in ihrer rohesten und einfachsten Form, indem sie von den Gegenständen sich Abbilder ablösen ließen, die in das Innere des Körpers hineingehen. — In dem Maße nun, als man einsieht, daß die Umgebungsbestandteile im Innern des Körpers nicht in derselben Weise vorhanden sind, als wie außerhalb desselben, in dem Maße müssen sie, sobald sie im Innern sind, zu etwas von der Umgebung Wesensverschiedenem werden. In der Ausdeutung der Introjektion, in dem Versuch, sie mit den Erfahrungen, die dem Komplex der Umgebung entstammen, in Einklang zu setzen, liegt die Wurzel des Dualismus."

„Es kann zweifelhaft bleiben, ob Avenarius die Motive der Introjektion alle richtig gewürdigt hat. Nach seiner Darstellung knüpft die Introjektion immer an die Erklärung der „Wahrnehmungen" eines Mitmenschen an. Dagegen kann man wohl sagen, daß die Tatsache, daß ein und derselbe Umgebungsbestandteil einmal als sinnlich gegebene „Sache", ein anderes

Mal als „Erinnerung“ gegeben ist, ein genügendes Motiv sein kann, diesen Umgebungsbestandteil als zweimal vorhanden anzunehmen, nämlich einmal „materiell“, in der Umgebung, und ein zweites Mal in meinem „Bewußtsein“, in meiner „Seele“. Dann scheint noch zu erwägen zu sein, ob nicht die Traumerfahrungen[1]) der primitiven Kultur ebenfalls ein selbständiges Motiv des Dualismus sein können. Avenarius stellt zwar die Introjektion als die Voraussetzung der dualistischen Ausdeutungen der Traumerfahrungen hin, ohne aber überzeugende Gründe dafür anzuführen. Unzulässig ist es aber, den prähistorischen Animismus als die Wurzel des Dualismus anzusehen, wenn man unter Animismus lediglich die Annahme versteht, daß sämtliche leblose Umgebungsbestandteile Wesen wie wir selbst sind. Auch auf dem Boden der natürlichen Weltansicht kann, solange tiefere physiologische Gründe dies nicht verhindern, die Annahme entstehen, daß z. B. für den Baum in demselben Sinne Umgebungsbestandteile existieren wie für den Menschen. Mit anderen Worten: Jemand, der die Avenarius-Machsche Auffassung des Psychischen hätte, könnte, wenn ihm jede physiologische Kenntnis mangelte, annehmen, daß ein Baum oder ein Stein seine Umgebung tastet und sieht. Er wäre dann noch kein Dualist. Dies wird er erst, wenn er zur Erklärung dieses Tastens und Sehens des Baumes oder Steines annimmt, daß die von dem Baum und Stein getasteten und gesehenen Umgebungsbestandteile in dem Baum als dessen „Empfindungen“, dessen „Bewußtsein“ nochmals vorhanden sind. Erst dann ist die Welt verdoppelt, in eine geistige und eine körperliche gespalten.“

„Die Aufklärung, die durch die Aufdeckung der Unzulässigkeit der Introjektion geleistet wurde, geht nach zwei Richtungen. Einerseits nach der erkenntnis-theoretischen Seite. Als Scheinprobleme erweisen sich alle jene Probleme, die nach dem Verhältnis unserer „Empfindungen“, „Vorstellungen“, „Bewußtseinsinhalte“ zu den „materiellen Dingen“ fragen, deren Abbilder, Zeichen usw. die erstgenannten Produkte der Introjektion sein

1) Gewiß sind sie (nach Tylor) eines der kräftigsten Motive. Mach.

sollen. Als Scheinprobleme erweisen sich die Projektionsprobleme der Raumtheorien, das Nachaußenversetzen der Raumempfindungen usw.“

„Andererseits besagt die Ausschaltung der Introjektion, daß eine andere Psychologie als eine physiologische unzulässig ist. Sobald man eingesehen hat, daß die „Bewußtseinsinhalte“, die neben den Veränderungen des Nervensystems sich abspielenden „psychischen Prozesse“, nichts anderes sind als die Umgebungsbestandteile, die ich dem Mitmenschen und schließlich auch mir selbst eingelegt habe, kann ich im Nervensystem nichts anderes suchen als physiologische Vorgänge. Es entfällt jede besondere psychische Kausalität, es entfallen alle die Fragen, ob das Eingreifen psychischer Kräfte in die physiologischen Vorgänge des Hirns mit dem Prinzip der Erhaltung der Energie vereinbar ist“[1]).

„Wenn man vom „Fortleben der Vorstellungen, ohne daß sie im Bewußtsein sind“ (Mach, Wärmelehre, S. 441), spricht, so ist dies, strenge genommen, nur als abgekürzter Ausdruck für bestimmte zentralnervöse Vorgänge zulässig, der aber immerhin stark an dualistische Vorstellungen erinnert.“

3.

Der Unterschied in der Darstellung von Avenarius und mir, der noch übrig bleibt, läßt sich auf leicht ersichtliche Gründe zurückführen. Erstens beabsichtige ich keine vollständige Darstellung der Entwicklung des eingenommenen Standpunktes aus

1) Ich muß hier meiner Verwunderung darüber Ausdruck geben, daß das Energieprinzip so oft in Bezug auf die Frage, ob es ein besonderes psychisches Agens gibt, herangezogen worden ist. Mit der Konstanz der Energie ist der Ablauf physikalischer Prozesse beschränkt, aber keineswegs vollkommen eindeutig bestimmt. Die Erfüllung des Energieprinzips in allen physiologischen Fällen lehrt bloß, daß die Seele weder Arbeit verbraucht noch leistet. Darum könnte sie noch mitbestimmend sein. In der auf diesen Fall bezüglichen Frage des Philosophen erscheint das Energieprinzip meist nicht richtig bewertet, und die Verlegenheitsantwort des Physikers hat keinen faßbaren Sinn in Bezug auf diesen seinem Denken fernliegenden Fall. Vgl. das Referat über eine derartige Diskussion bei Höfler, Psychologie, 1897, S. 58 f., Anm. Ich sehe in der Annahme eines besonderen psychischen Agens, von den obigen Erwägungen ganz abgesehen, nur unglückliche, ungünstige, die Forschung erschwerende, außerdem unnötige und unwahrscheinliche Voraussetzungen. S.Z.4. Mach.

den vorausgehenden Phasen der Weltansicht. Zweitens geht Avenarius Darstellung von einer realistischen, die meinige hingegen von einer idealistischen Phase (S. 24 Anm.) aus, wie ich dieselbe in der Tat in früher Jugend erlebt habe. Ich hätte da etwa von Beseitigung der Extrajektion sprechen können (S. 5, 9—18, 23—27, 35). Drittens liegt keine Notwendigkeit vor, die Aussage des Mitmenschen und der Introjektion, in dem getadelten Sinne, vor Erreichung des neuen Standpunktes eine so gewichtige Rolle spielen zu lassen. und dann hat man auch nicht nötig, diese Introjektion wieder auszuschalten. Auch der einsame Denker könnte den neuen Standpunkt erreichen, und allerdings auch, wie Wlassak bemerkt, dualistische Anwandlungen zu überwinden haben. Ist dieser Standpunkt aber erreicht, und ist die Verschiedenartigkeit der Abhängigkeit der Elemente einmal als das Wesentliche erkannt, so erscheint die realistische oder idealistische Ausgangsphase von keiner größeren Bedeutung, als für den Mathematiker oder Physiker ein Wechsel der Grundvariablen in seinen Gleichungen.

Die Aufstellungen von Avenarius und demnach auch die meinigen scheinen mir nur fast Selbstverständliches auszusprechen, Selbstverständliches wenigsten für jeden, der sich von dem Drucke der „Überlebsel der wilden Philosophie" befreit hat, wie Tylor sich ausdrückt. Solche Selbstverständlichkeiten waren es immer, auf welche die Wissenschaft ihren Bau sicher gründen konnte. In der Annäherung der Wege verschiedener philosophischer Denker, namentlich aber in dem nahen Zusammentreffen allgemein philosophischer und positiv fachwissenschaftlicher Erwägungen glaube ich eine günstige Vorbedeutung für den gegenseitigen Anschluß der Wissenschaften zu einander sehen zu dürfen.

IV. Die Hauptgesichtspunkte für die Untersuchung der Sinne.

1.

Wir versuchen nun von dem gewonnenen Standpunkte einen orientierenden Ausblick für unseren besonderen Zweck.

Hat der forschende Intellekt durch Anpassung die Gewohnheit erworben, zwei Dinge A und B in Gedanken zu verbinden, so sucht derselbe diese Gewohnheit auch unter etwas veränderten Umständen nach Möglichkeit festzuhalten. Überall, wo A auftritt, wird B hinzugedacht. Man kann das sich hierin aussprechende Prinzip, welches in dem Streben nach Ökonomie seine Wurzel hat, und welches bei den großen Forschern besonders klar hervortritt, das Prinzip der Stetigkeit oder Kontinuität nennen.

Jede tatsächlich beobachtete Variation in der Verbindung von A und B, welche groß genug ist, um bemerkt zu werden, macht sich aber als Störung der bezeichneten Gewohnheit geltend, so lange, bis die letztere genügend modifiziert ist, um diese Störung nicht mehr zu empfinden. Man hätte sich z. B. gewöhnt, das auf die Grenze von Luft und Glas einfallende Licht abgelenkt zu sehen. Diese Ablenkungen variieren aber von Fall zu Fall in merklicher Weise, und man kann die an einigen Fällen gewonnene Gewohnheit solange nicht ungestört auf neu vorkommende Fälle übertragen, bis man imstande ist, jedem besonderen Einfallswinkel A einen besonderen Brechungswinkel B zuzuordnen, was durch Auffindung des sogenannten Brechungsgesetzes beziehungsweise durch Geläufigwerden der in demselben enthaltenen Regel erreicht ist. Es tritt also dem Prinzip der Stetigkeit ein anderes Prinzip modifizierend entgegen; wir wollen es das Prinzip der

zureichenden Bestimmtheit oder der zureichenden Differenzierung nennen.

Das Zusammenwirken beider Prinzipien läßt sich nun durch weitere Ausführung des berührten Beispieles recht gut erläutern. Um den Tatsachen gerecht zu werden, welche bei Änderung der Farbe des Lichtes auftreten, hält man den Gedanken des Brechungsgesetzes fest, muß aber jeder besonderen Farbe einen besonderen Brechungsexponenten zuordnen; bald merkt man dann, daß man auch jeder besonderen Temperatur einen besonderen Brechungsexponenten zuordnen muß, usw.

Dieser Prozeß führt schließlich zur zeitweiligen Beruhigung und Befriedigung, indem die beiden Dinge A und B so verbunden gedacht werden, daß jeder der augenblicklichen Erfahrung zugänglichen Änderung des einen eine zugehörige Änderung des andern entspricht. Es kann der Fall eintreten, daß sowohl A als B sich als Komplexe von Bestandteilen darstellen, und daß jeder Bestandteil von A einem Bestandteil von B zugeordnet ist. Dieses findet z. B. statt, wenn B ein Spektrum und A die zugehörige Probe eines Gemenges ist, wo je einem Bestandteil des Spektrums je ein Bestandteil der vor dem Spektralapparat verflüchtigten Probe unabhängig von den übrigen zugeordnet ist. Erst durch die vollständige Geläufigkeit dieses Verhältnisses kann dem Prinzip der zureichenden Bestimmtheit entsprochen werden.

2.

Stellen wir uns nun vor, wir betrachten eine Farbenempfindung B nicht in ihrer Abhängigkeit von der glühenden Probe A, sondern in ihrer Abhängigkeit von den Elementen des Netzhautprozesses N. Hierdurch ist nicht die Art, sondern nur die Richtung der Orientierung geändert, alles eben Besprochene verliert dadurch nicht seine Geltung, und die zu befolgenden Grundsätze bleiben dieselben. Und dies gilt natürlich für alle Empfindungen.

Die Empfindung kann nun an sich, unmittelbar, psychologisch analysiert werden (wie dies Joh. Müller getan hat), oder es können die ihr zugeordneten physikalischen (physiologischen) Prozesse nach den Methoden der Physik untersucht werden (wie dies vorzugsweise die moderne Physiologenschule tut), oder endlich (was am weitesten führen wird, weil hierbei die Beobachtung an allen Punkten angreift und eine Untersuchung die andere stützt) kann der Zusammenhang des psychologisch Beobachtbaren mit dem zugehörigen physikalischen (physiologischen) Prozeß verfolgt werden. Dieses letztere Ziel streben wir überall an, wo es erreichbar scheint.

Mit diesem Ziel im Auge werden wir dem Prinzip der Kontinuität und jenem der zureichenden Bestimmtheit nur genügen können, wenn wir dem gleichen B (irgend einer Empfindung) immer und überall nur das gleiche N (denselben Nervenprozeß) zuordnen, zu jeder beobachtbaren Änderung von B aber eine entsprechende Anderung von N auffinden. Können wir B psychologisch in mehrere von einander unabhängige Bestandteile zerlegen, so können wir nur in der Auffindung ebensolcher den ersteren entsprechender Bestandteile in N Beruhigung finden. Sollten aber an B Eigenschaften oder Seiten zu bemerken sein, die nicht gesondert auftreten können, wie z. B. Höhe und Intensität des Tones, so würde dasselbe Verhalten auch von N zu erwarten sein. Mit einem Worte, zu allen psychisch beobachtbaren Einzelheiten von B haben wir die zugeordneten physikalischen Einzelheiten von N aufzusuchen.

Wir wollen natürlich nicht behaupten, daß nicht auch durch recht komplizierte Umstände eine (psychologisch) einfache Empfindung bedingt werden kann. Denn die Umstände hängen kettenförmig zusammen und lösen keine Empfindung aus, wenn die Kette nicht bis in den Nerv reicht. Da aber die Empfindung auch als Halluzination auftreten kann, wenn gar keine außerhalb des Leibes liegende physikalische bedingte Umstände vorhanden sind, so sehen wir, daß ein gewisser Nervenprozeß, als Endglied jener Kette, die wesentliche und unmittelbare

Bedingung der Empfindung ist. Diese unmittelbare Bedingung können wir nun nicht variiert denken, ohne uns auch die Empfindung variiert vorzustellen, und umgekehrt. Für den Zusammenhang dieses Endgliedes und der Empfindung wollen wir das ausgesprochene Prinzip als gültig ansehen.

3.

Wir können also einen leitenden Grundsatz für die Untersuchung der Empfindungen aufstellen, der als Prinzip des vollständigen Parallelismus des Psychischen und Physischen bezeichnet werden mag. Nach unserer Grundanschauung, welche eine Kluft zwischen den beiden Gebieten (des Psychischen und Physischen) gar nicht anerkennt, ist dieses Prinzip fast selbstverständlich, kann aber auch ohne Hilfe dieser Grundanschauung als heuristisches Prinzip aufgestellt werden, wie ich dies vor Jahren getan habe [1]).

Das hier verwendete Prinzip geht über die allgemeine Voraussetzung, daß jedem Psychischen ein Physisches entspricht und umgekehrt, in seiner Spezialisierung hinaus. Letztere allgemeine Annahme, die in vielen Fällen als richtig nachgewiesen ist, wird in allen Fällen als wahrscheinlich richtig festgehalten werden können, und bildet zudem die notwendige Voraussetzung der exakten Forschung. Von der Fechnerschen Auffassung des Physischen und Psychischen als zweier verschiedener Seiten ein und desselben Realen ist die unsrige ebenfalls verschieden. Erstens hat unsere Auffassung keinerlei metaphysischen Untergrund, sondern entspricht nur dem verallgemeinerten Ausdruck von Erfahrungen. Dann unterscheiden wir auch nicht zwei verschiedene Seiten eines unbekannten Dritten, sondern die

---

1) Vergl. meine Abhandlung „Ueber die Wirkung der räumlichen Verteilung des Lichtreizes auf die Netzhaut“ (Sitzungsberichte der Wiener Akademie, Bd. 52, Jahrg. 1865). Ferner Reichert's und Dubois' Arch., 1865, S. 634 und Grundlinien der Lehre von den Bewegungsempfindungen. Leipzig, Engelmann, 1875, S. 63. — Auch in meiner Ausführung in Fichte's Zeitschrift für Philosophie, Bd. 46, Jahrg. 1865, S. 5 ist der Grundsatz implizite schon enthalten. (Abgedruckt in den Populärwissenschaftlichen Vorlesungen. Leipzig, 3. Aufl., 1903.)

in der Erfahrung vorgefundenen Elemente, deren Verbindung wir untersuchen, sind immer dieselben, nur von einerlei Art und treten nur je nach der Art ihres Zusammenhanges bald als physische, bald als psychische Elemente auf[1]). Man hat mich gefragt, ob denn der Parallelismus des Psychischen und Physischen überhaupt noch einen Sinn hätte und nicht eine bloße Tautologie sei, wenn man das Psychische und das Physische überhaupt nicht als wesentlich verschieden ansieht? Dies beruht auf einer mißverständlichen Auffassung meiner obigen Ausführungen. Wenn ich ein grünes Blatt sehe, was durch gewisse Gehirnprozesse bedingt ist, so ist jenes Blatt in seiner Form und Farbe allerdings verschieden von den Formen, Farben usw., die ich an dem untersuchten Gehirn finde, wenn auch alle Formen, Farben usw., an sich gleichartig, an sich weder psychisch noch physisch sind. Das gesehene Blatt, als abhängig gedacht vom Gehirnprozeß, ist etwas Psychisches, während dieser Gehirnprozeß selbst in dem Zusammenhang seiner Elemente etwas Physisches vorstellt. Und für die Abhängigkeit der ersteren unmittelbar gegebenen Elementengruppe von der durch (vielleicht komplizierte) physikalische Untersuchung sich erst ergebenden zweiten Gruppe besteht das Parallelismusprinzip. (Vgl. S. 36). S.Z.5.

4.

Zur Erläuterung des vielleicht etwas zu abstrakt ausgesprochenen Grundsatzes mögen sofort einige Beispiele dienen. Überall wo ich Raum empfinde, ob durch das Gesicht, den Tastsinn oder auf andere Weise, werde ich einen in allen Fällen gleichartigen Nervenprozeß als vorhanden anzunehmen haben. Für alle Zeitempfindung supponiere ich gleiche Nervenprozesse.

1) In bezug auf die verschiedenen Seiten der Parallelismusfrage vergl. C. Stumpf, Ansprache beim Psychologenkongreß in München. München 1897. — G. Heymans, Zur Parallelismusfrage. Zeitschr. f. Psychologie der Sinnesorgane, Bd. XVII. — O. Külpe, Über die Beziehungen zwischen körperlichen und seelischen Vorgängen. Zeitschr. f. Hypnotismus, Bd. VII. — J. v. Kries, Über die materiellen Grundlagen der Bewußtseinserscheinungen. Freiburg i. B. 1898. — C. Hauptmann, Die Metaphysik in der Physiologie. Dresden 1893.

Sehe ich gleiche verschiedenfarbige Gestalten, so suche ich neben den verschiedenen Farbenempfindungen besondere gleiche Raumempfindungen und zugehörige gleiche Nervenprozesse. Sind zwei Gestalten ähnlich (liefern sie teilweise gleiche Raumempfindungen), so enthalten auch die zugehörigen Nervenprozesse teilweise gleiche Bestandteile. Haben zwei verschiedene Melodien gleichen Rhythmus, so besteht neben den verschiedenen Tonempfindungen in beiden Fällen eine gleiche Zeitempfindung mit gleichen zugehörigen Prozessen. Sind zwei Melodien in verschiedener Tonlage gleich, so haben die Tonempfindungen und ihre physiologischen Bedingungen trotz der ungleichen Tonhöhe gleiche Bestandteile. Kann die scheinbar unbegrenzte Mannigfaltigkeit der Farbenempfindungen durch psychologische Analyse (Selbstbeobachtung) auf 6 Elemente (Grundempfindungen) reduziert werden, so dürfen wir die gleiche Vereinfachung für das System der Nervenprozesse erwarten. Zeigt sich das System der Raumempfindungen als eine dreifache Mannigfaltigkeit, so wird sich auch das System der zugeordneten Nervenprozesse als eine solche darstellen.

5.

Dieses Prinzip ist übrigens mehr oder weniger bewußt, mehr oder weniger konsequent stets befolgt worden. Wenn z. B. Helmholtz[1]) für jede Tonempfindung eine besondere Nervenfaser (mit dem zugehörigen Prozeß) statuiert, wenn er den Klang in Tonempfindungen auflöst, die Verwandtschaft der Klänge auf den Gehalt an gleichen Tonempfindungen (und Nervenprozessen) zurückführt, so liegt hierin eine Betätigung des ausgesprochenen Prinzips. Die Anwendung ist nur keine vollständige, wie später gezeigt werden soll. Brewster[2]) ließ sich durch eine, wenn

1) Helmholtz, Die Lehre von den Tonempfindungen. Braunschweig, Vieweg, 1863.

2) Brewster, A treatise on optics. London 1831. Brewster denkt sich das rote, das gelbe und das blaue Licht über das ganze Sonnenspektrum reichend, jedoch in verschiedener Intensität verteilt, so daß für das Auge das Rot an beiden Enden (am roten und violetten), das Gelb in der Mitte, das Blau am brechbareren Ende hervortritt.

auch mangelhafte, psychologische Analyse der Farbenempfindungen und unvollkommene physikalische Versuche[1]) geleitet, zu der Ansicht führen, daß den drei Empfindungen Rot, Gelb, Blau entsprechend auch physikalisch nur drei Lichtsorten existieren, und daß demnach die Newtonsche Annahme einer unbegrenzten Anzahl von Lichtsorten mit kontinuierlich abgestuften Brechungsexponenten falsch sei. Leicht konnte Brewster in den Irrtum verfallen, Grün für eine Mischempfindung zu halten. Hätte er aber überlegt, daß Farbenempfindungen ganz ohne physikalisches Licht auftreten können, so hätte er seine Folgerungen auf den Nervenprozeß beschränkt und Newtons physikalische Aufstellungen die ebenso wohlbegründet sind, unangetastet gelassen. Th. Young hat diesen Fehler wenigstens prinzipiell verbessert. Er hat erkannt, daß eine unbegrenzte Anzahl physikalischer Lichtsorten von kontinuierlich abgestuften Brechungsexponenten (und Wellenlängen) mit einer geringen Zahl von Farbenempfindungen und Nervenprozessen vereinbar ist, daß dem Kontinuum der Ablenkungen im Prisma (dem Kontinuum der Raumempfindungen) eine diskrete Zahl von Farbenempfindungen entspricht. Aber auch Young hat das ausgesprochene Prinzip nicht mit vollem Bewußtsein und nicht mit strenger Konsequenz angewandt, abgesehen davon, daß er sich bei der psychologischen Analyse noch durch physikalische Vorurteile beirren ließ. Auch Young nahm zuerst Rot, Gelb, Blau als Grundempfindungen an, die er später, durch einen physikalischen Irrtum Wollastons verleitet, wie Alfred Mayer (in Hoboken) in einer trefflichen Arbeit gezeigt hat[2]), durch Rot, Grün und Violett er-

1) Brewster meinte nämlich die Nuance von Newton für einfach gehaltener Spektralfarben durch Absorption ändern zu können, was, wenn es richtig wäre, die Newtonsche Anschauung wirklich erschüttern würde. Er experimentierte jedoch, wie Helmholtz (Physiologische Optik) gezeigt hat, mit einem unreinen Spektrum.

2) Philosophical Magazine. February 1876, p. III. Wollaston beobachtete (1802) zuerst die später nach Fraunhofer benannten dunklen Linien des Sonnenspektrums, und glaubte sein schmales Spektrum durch die stärksten Linien in einen roten, grünen oder violetten Teil getrennt zu sehen. Er hielt diese Linien für Grenzen physikalischer Farben. Young nahm diese Ansicht an, und setzte an die Stelle seiner Grundempfindungen Rot, Gelb, Blau die Farben Rot, Grün, Violett. Bei der ersten Aufstellung hielt also Young das Grün für eine Mischempfindung, bei der zweiten

setzt hat. In welcher Richtung die Theorie der Farbenempfindung zu modifizieren ist, welche seither durch Hering einen hohen Grad der Vollendung erreicht hat, habe ich vor Jahren an einem andern Ort angedeutet.

6.

Ich will hier nur kurz zusammenfassen, was ich heute über die Behandlung der Theorie der Farbenempfindung zu sagen habe. Man findet in neueren Schriften häufig die Angabe, daß die von Hering akzeptierten sechs Grundfarbenempfindungen, Weiß, Schwarz, Rot, Grün, Gelb, Blau zuerst von Leonardo da Vinci, nachher von Mach und Aubert aufgestellt worden seien. Daß die Angabe in bezug auf Leonardo da Vinci auf einem Irrtum beruhe, war mir von vornherein, in Anbetracht der Anschauungen seiner Zeit, höchst wahrscheinlich. Hören wir, was er selbst in seinem „Buche von der Malerei" sagt[1]): „254. Der einfachen Farben sind sechs. Die erste davon ist das Weiß, obwohl die Philosophen weder Weiß noch Schwarz unter die Zahl der Farben aufnehmen, da das eine die Ursache der Farbe ist, das andere deren Entziehung. Da indes der Maler nicht ohne diese beiden fertig werden kann, so

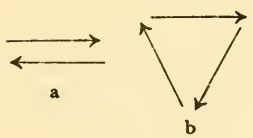
aber dieses und Violett für einfach. — Die zweifelhaften Resultate, welche die psychologische Analyse hiernach liefern kann, könnten leicht den Glauben an ihre Brauchbarkeit überhaupt erschüttern. Wir dürfen aber nicht vergessen, daß man bei Anwendung eines jeden Prinzips in Irrtum verfallen kann. Die Übung wird auch hier entscheidend sein. Der Umstand, daß die physikalischen Bedingungen der Empfindung fast immer Mischempfindungen auslösen, und die Empfindungsbestandteile nicht leicht gesondert auftreten, erschwert die psychologische Analyse sehr bedeutend. So ist z. B. Grün eine einfache Empfindung. Ein vorgelegtes Pigment- oder Spektralgrün wird aber in der Regel eine Gelb- oder Blauempfindung miterregen und dadurch die irrtümliche (auf Mischergebnissen von Pigmenten beruhende) Ansicht begünstigen, daß die Grünempfindung aus Gelb- und Blauempfindung zusammengesetzt sei. Das sorgfältige physikalische Studium ist also auch bei der psychologischen Analyse nicht zu entbehren. Andrerseits darf man auch die physikalische Erfahrung nicht überschätzen. Die bloße Erfahrung, daß ein gelbes und blaues Pigment gemischt ein grünes Pigment liefert, kann uns allein nicht bestimmen, im Grün Gelb und Blau zu sehen, wenn nicht das eine oder das andere wirklich darin enthalten ist. Sieht doch im Weiß niemand Gelb und Blau, obgleich Spektralgelb und Spektralblau gemischt, wirklich Weiß geben.

1) Nr. 254 und 255 nach der Übersetzung von Heinrich Ludwig, Quellenschriften zur Kunstgeschichte. Wien, Braumüller, 1882, Bd. XVIII.

werden wir sie zu der Zahl der übrigen hierhersetzen und sagen, das Weiß sei in dieser Ordnung unter den einfachen die erste, Gelb die zweite, Grün die dritte, Blau die vierte, Rot die fünfte, Schwarz die sechste. Und das Weiß werden wir für Licht setzen, ohne das man keine Farbe sehen kann, das Gelb für die Erde, das Grün fürs Wasser, Blau für die Luft, Rot für Feuer und das Schwarz für die Finsternis, die sich über dem Feuerelement befindet, weil dort keine Materie oder dichter Stoff ist, auf den die Sonnenstrahlen ihren Stoß ausüben, und den sie infolgedessen beleuchten könnten." — „255. Das Blau und das Grün sind nicht einfache für sich. Denn das Blau setzt sich aus Licht und Finsternis zusammen, wie das Blau der Luft, aus äußerst vollkommenem Schwarz und vollkommen reinem Weiß ähnlich". „Das Grün setzt sich aus einer einfachen und einer zusammengesetzten zusammen, nämlich aus Gelb und aus Blau". Dies wird genügen, zu zeigen, daß es sich bei Leonardo da Vinci teils um Beobachtungen über Pigmente, teils um naturphilosophische Betrachtungen, nicht aber um die Grundfarbenempfindungen handelt. Die vielen wunderbaren und feinen naturwissenschaftlichen Beobachtungen aller Art, welche in Leonardos Buch enthalten sind, führen zu der Überzeugung, daß die Künstler und insbesondere er, wahre Vorläufer der großen bald folgenden Naturforscher waren. Sie mußten die Natur kennen, um sie angenehm vorzutäuschen; sie beobachteten sich und anderen zum Vergnügen. Doch hat wohl Leonardo bei weitem nicht alle Entdeckungen und Erfindungen gemacht, welche ihm z. B. Groth[1]) zuschreibt. — Meine nur gelegentlichen Äußerungen über die Theorie der Farbenempfindung waren vollkommen deutlich. Ich nahm die Grundempfindungen: Weiß, Schwarz, Rot, Gelb, Grün, Blau und diesen entsprechend in der Netzhaut sechs verschiedene (chemische) Prozesse (nicht Nervenfasern) an. Vergl. Reicherts und Dubois' Archiv, 1865, S. 633

1) Leonardo da Vinci als Ingenieur und Philosoph. Berlin 1874. — Marie Herzfeld, Leonardo da Vinci, Auswahl nach den veröffentlichten Handschriften. Leipzig 1904.

u. ff.) Das Verhältnis der Komplementärfarben war natürlich, wie jedem Physiker, auch mir bekannt und geläufig. Ich stellte mir aber vor, daß die beiden Komplementärprozesse zusammen einen neuen, den Weißprozeß anregen (a. a. O. S. 634). Die großen Vorzüge der Heringschen Theorie erkenne ich freudig an. Sie bestehen für mich in Folgendem. Zunächst wird der Schwarzprozeß als eine Reaktion gegen den Weißprozeß aufgefaßt. Ich weiß die Erleichterung, welche darin liegt, umso mehr zu würdigen, als mir das Verhältnis von Schwarz und Weiß gerade die größte Schwierigkeit einzuschließen schien. Außerdem werden Rot und Grün, ebenso Gelb und Blau als antagonistische Prozesse aufgefaßt, die nicht einen neuen Prozeß erzeugen, sondern die sich gegenseitig vernichten. Das Weiß wird hiernach nicht erst erzeugt, sondern es ist schon vorher vorhanden, und bleibt bei der Vernichtung einer Farbe durch die Komplementärfarbe übrig. Was mich an der Heringschen Theorie allein noch gestört hat, war, daß man nicht sah, warum die beiden Gegenprozesse Schwarz und Weiß zugleich auftreten und zugleich empfunden werden können, während dies bei Rot-Grün und Blau-Gelb nicht möglich ist. Dieses Bedenken ist aber durch die Darlegung Herings teilweise beseitigt[1]). Die vollständige Aufklärung dieses Verhältnisses liegt wohl in dem Nachweise, welchen W. Pauli geliefert hat, daß gewisse Prozesse in kolloidalen und in lebenden Substanzen durch entgegengesetzte Prozesse auf demselben Wege, homodrom, wie in a, andere Prozesse aber durch Gegenprozesse auf anderem Wege, heterodrom, wie in b, rückgängig gemacht werden können[2]). Ich selbst habe vor langer Zeit gezeigt, daß gewisse Empfindungen sich zu einander verhalten wie positive und negative Größen, z. B. Rot und Grün,



1) Zur Lehre vom Lichtsinne. Wien 1878, S. 122. Vgl. auch meine oben zitierte Abhandlung. Sitzungsberichte der Wiener Akademie, Bd. LII, Jahrg. 1865, Oktober.

2) W. Pauli, Der kolloidale Zustand und die Vorgänge in der lebendigen Substanz. Braunschweig, Vieweg, 1902, S. 22, 30.

daß aber andere nicht in diesem Verhältnis stehen, z. B. Weiß und Schwarz[1]). Alles kommt nun in beste Übereinstimmung, wenn man mit Pauli die dem ersteren Paar entsprechenden Heringschen Gegenprozesse als homodrom, die dem letzteren Paar zugrunde liegenden Vorgänge als heterodrom ansieht[2]).

7.

Die angeführten Beispiele werden genügen, den Sinn des aufgestellten Forschungsgrundsatzes zu erläutern und zugleich zu zeigen, daß dieser Grundsatz nicht durchaus neu ist. Als ich mir vor Jahren den Satz formulierte, hatte ich auch keine andere Absicht, als etwas instinktiv längst Gefühltes mir selbst zur vollen Klarheit zu bringen.

Es schien mir ein einfacher und natürlicher, ja beinahe selbstverständlicher Gedanke, daß Ähnlichkeit auf einer teilweisen Gleichheit, auf einer teilweisen Identität beruht, und daß man demnach bei ähnlichen Empfindungen nach den gemeinsamen identischen Empfindungsbestandteilen und den entsprechenden gemeinsamen physiologischen Prozessen zu suchen hat. Ich kann jedoch den Leser darüber nicht im Unklaren lassen, daß diese Ansicht sich keineswegs allgemeiner Zustimmung erfreut. In philosophischen Schriften findet man vielfach die Behauptung, daß eine Ähnlichkeit auch wahrgenommen werden kann, ohne daß im geringsten von solchen identischen Bestandteilen die Rede sein könnte. Ein Physiologe[3]) spricht sich in folgender Weise über das hier dargelegte Prinzip aus: „Denn dessen Anwendung auf die obigen Probleme führt ihn (Mach) direkt dazu, nach dem physiologischen Moment zu fragen, welches jenen postulierten Qualitäten entspreche. Mir scheint nun, daß von allen Axiomen und Prinzipien keines bedenklicher, keines größeren Mißverständnissen ausgesetzt ist, als dieser Satz. Sollte

1) Grundlinien der Lehre von den Bewegungsempfindungen. 1875, S. 57 f.

2) Eine neue Darstellung seiner Ansichten gibt Hering in Graefe-Saemisch, Handbuch der ges. Augenheilkunde. Leipzig 1905, Bd. III.

3) J. v. Kries, Über die materiellen Grundlagen der Bewußtseinserscheinungen. Freiburg i. B. 1898.

er nichts anderes sein als eine Umschreibung des sogen. Parallelprinzips, so würde er weder als neu noch als besonders fruchtbar gelten können, und das Gewicht, das auf ihn gelegt wird, nicht verdienen. Wenn er dagegen besagen soll, daß allem, was wir psychologisch als etwas Einheitliches herausheben können, jedem Verhältnis, jeder Form, kurz allem, was wir durch eine Allgemeinvorstellung bezeichnen können, ein bestimmtes Element, ein Bestandteil des physiologischen Geschehens, entsprechen muß, so kann, glaube ich, diese Formulierung nur als bedenklich und irreführend bezeichnet werden. Allerdings will ich den Satz (unter dem S. 49 gemachten Vorbehalt) in diesem letzteren „bedenklichen und irreführenden" Sinn verstanden wissen. Ich muß es nun ganz dem Leser überlassen, ob er mir noch weiter folgen und in den durch jenen Grundsatz deutlich bezeichneten Anfang der Untersuchung eingehen, oder ob er, der Autorität der Gegner folgend, umkehren und sich lediglich mit der Betrachtung der vorgehaltenen Schwierigkeiten begnügen will. In ersterem Falle wird er, wie ich hoffe, die Erfahrung machen, daß nach Erledigung einfacherer Fälle, in Fällen tiefer liegender, abstrakter Ähnlichkeit die Schwierigkeiten nicht mehr in der abschreckenden Beleuchtung erscheinen, in welcher sie zuweilen gesehen wurden. Ich möchte nur gleich hinzufügen, daß in solchen komplizierten Fällen von Ähnlichkeit dieselbe nicht auf einem gemeinschaftlichen Element, sondern auf einem gemeinschaftlichen System von Elementen beruht, wie ich dies wiederholt in Bezug auf das begriffliche Denken ausgeführt habe (vgl. Kap. XIV).

8.

Da wir eine eigentliche Kluft zwischen Physischem und Psychischem überhaupt nicht anerkennen, so versteht es sich, daß beim Studium der Sinnesorgane sowohl die allgemein physikalischen als auch die speziell biologischen Erfahrungen Verwendung finden können. Manches, was uns schwer verständlich bleibt, wenn wir das Sinnesorgan mit einem physikalischen Apparat

parallelisieren, an welchem die „Seele“ beobachtet, wird durchsichtig im Lichte der Entwicklungslehre, wenn wir annehmen, daß wir mit einem lebenden Organismus mit besonderem Gedächtnis, besonderen Gewohnheiten und Manieren, die einer langen und schicksalsreichen Stammesgeschichte ihren Ursprung verdanken, zu tun haben. Die Sinnesorgane sind selbst ein Stück Seele, leisten selbst einen Teil der psychischen Arbeit, und überliefern das Ergebnis fertig dem Bewußtsein. Was ich hierüber zu sagen habe, will ich hier kurz zusammenfassen.

9.

Der Gedanke, die Entwicklungslehre auf die Physiologie der Sinne insbesondere, und auf die Physiologie überhaupt, anzuwenden, tritt schon vor Darwin bei Spencer (1855) auf. Derselbe hat eine mächtige Förderung durch Darwins Buch „Über den Ausdruck der Gemütsbewegungen“ erfahren. Später hat P. R. Schuster (1879) die Frage, ob es „ererbte Vorstellungen“ gebe, in Darwinschem Sinne erörtert. Auch ich habe mich (Sitzungsberichte der Wiener Akademie, Oktober 1866) für die Anwendung der Entwicklungslehre auf die Theorie der Sinnesorgane ausgesprochen. Eine der schönsten und aufklärendsten Ausführungen im Sinne einer psychologisch-physiologischen Anwendung der Entwicklungslehre enthält die akademische Festrede von Hering[1]). Gedächtnis und Vererbung fallen in der Tat fast in einen Begriff zusammen, wenn wir bedenken, daß Organismen, welche Teile des Elternleibes waren, auswandern, und die Grundlage der neuen Individuen werden. Die Vererbung wird uns durch diesen Gedanken fast ebenso verständlich als z. B. der Umstand, daß die Amerikaner englisch sprechen, daß ihre Staatseinrichtungen in vieler Beziehung den englischen gleichen, usw. Das Problem, welches darin liegt, daß Organismen ein Gedächtnis haben, welches der unorganischen Materie zu fehlen scheint, wird hierdurch selbstverständlich nicht berührt und besteht fort (vgl. Kap. V, XI). — Will man an

1) Über das Gedächtnis als eine allgem. Funktion der organisierten Materie, 1870.

Herings Darstellung nicht unbillige Kritik üben, so muß man in Betracht ziehen, daß er den Begriff Gedächtnis in einem weiteren Sinne nimmt. Er hat die Verwandtschaft erschaut, die besteht zwischen den anhaltenden Spuren, welche die Stammesgeschichte den Organismen aufprägt, und den flüchtigeren Eindrücken, die das individuelle Leben (im Bewußtsein) zurückläßt. Das spontane Wiederaufleben eines einmal eingeleiteten Prozesses auf einen leisen Anstoß hin erkennt er als wesentlich denselben Vorgang, ob derselbe nun in dem engen Rahmen des Bewußtseins beobachtet werden kann oder nicht. Das Erschauen dieses gemeinsamen Zuges in einer großen Reihe von Erscheinungen ist nun ein wesentlicher Fortschritt, wenn auch dieser Grundzug selbst noch aufzuklären bleibt[1]). — In neuerer Zeit hat Weismann[2]) auch den Tod als eine Vererbungserscheinung aufgefaßt. Auch diese schöne Schrift wirkt sehr anregend. Die Schwierigkeit, die man darin sehen könnte, daß sich eine Eigenschaft vererben soll, die im Elternorganismus erst sich geltend machen kann, nachdem der Prozeß der Vererbung schon abgeschlossen ist, liegt wohl nur im Ausdruck. Sie fällt weg, wenn man darauf achtet, daß die Vermehrungsfähigkeit der Körperzellen auf Kosten der Vermehrung der Keimzellen (wie Weismann andeutet) wachsen kann. Somit kann man sagen, daß die längere Lebensdauer der Zellengemeinschaft und die verminderte Fortpflanzung zwei sich gegenseitig bedingende Anpassungserscheinungen seien. — Noch als Gymnasiast hörte ich einmal, daß Pflanzen der südlichen Hemisphäre bei uns blühen, wenn in ihrer Heimat Frühling ist. Ich erinnere mich lebhaft der geistigen Erschütterung, die mir diese Mitteilung verursacht hat. Ist dies richtig, so kann man hierbei in der Tat an eine Art Gedächtnis der Pflanze denken, auch dann, wenn die Periodizität der Lebenserscheinungen hiebei die Hauptsache sein sollte. — Die sogenannten Reflexbewegungen der Tiere lassen sich in natürlicher Weise als Gedächtniserscheinungen außerhalb des Bewußtseinsorgans auffassen.

1) R. Semon, Die Mneme. Leipzig 1904.
2) Über die Dauer des Lebens, 1882.

Eine der merkwürdigsten dieser Erscheinungen sah ich (ich glaube 1865) bei Rollett an enthirnten Tauben. Diese Tiere trinken jedesmal, wenn sie mit den Füßen in eine kalte Flüssigkeit gesetzt werden, ob dieselbe nun Wasser, Quecksilber oder Schwefelsäure ist. Da nun ein Vogel gewöhnlich in die Lage kommen wird, seine Füße zu benetzen, wenn er seinen Durst zu stillen sucht, so ergibt sich die Anschauung ganz ungezwungen, daß hier eine durch die Lebensweise bedingte zweckmäßige, durch Vererbung befestigte Gewohnheit vorliegt, welche (auch bei Ausschaltung des Bewußtseins) auf den entsprechenden auslösenden Reiz mit der Präzision eines Uhrwerks abläuft. Goltz hat in seinem wunderbaren Buch[1]) und in späteren Schriften viele derartige Erscheinungen beschrieben. — Ich will nun bei dieser Gelegenheit noch einige Beobachtungen erwähnen, deren ich mich mit großem Vergnügen erinnere. In den Herbstferien 1873 brachte mir mein kleiner Junge einen wenige Tage alten Sperling, welcher aus dem Nest gefallen war, und wünschte ihn aufzuziehen. Die Sache war jedoch nicht einfach. Das Tierchen war nicht zum Schlingen zu bewegen, und wäre den unvermeidlichen Insulten beim gewaltsamen Füttern sicherlich bald erlegen. Da stellte ich folgende Überlegung an: „Das neugeborene Kind wäre (ob die Darwinsche Theorie richtig ist oder nicht) unfehlbar verloren, wenn es nicht die vorgebildeten Organe und den ererbten Trieb zum Saugen hätte, welche durch den passenden Reiz ganz automatisch und mechanisch in Tätigkeit geraten. Etwas Ähnliches muß in anderer Form auch beim Vogel existieren." Ich bemühte mich nun den passenden Reiz zu finden. Ein kleines Insekt wurde an ein spitzes Stäbchen gesteckt und an diesem um den Kopf des Vogels rasch herumbewegt. Sofort sperrte das Tier den Schnabel auf, schlug mit den Flügeln und schlang gierig die dargebotene Nahrung hinab. Ich hatte also den richtigen Reiz für die Auslösung des Triebes und der automatischen Bewegung gefunden. Das Tier wurde zusehends stärker und gieriger; es fing

1) Die Nervenzentren des Frosches, 1869.

an, nach der Nahrung zu schnappen, erfaßte einmal auch ein zufällig vom Stäbchen auf den Tisch gefallenes Insekt, und fraß von da an ohne Anstand selbständig. In dem Maße als sich der Intellekt, die Erinnerung entwickelte, war ein immer kleinerer Teil des auslösenden Reizes notwendig. Das selbständig gewordene Tier nahm nach und nach alle charakteristischen Sperlingsmanieren an, die es doch nicht eigens gelernt hatte. Bei Tage (bei wachem Intellekt) war es sehr zutraulich und liebenswürdig. Des Abends traten regelmäßig andere Erscheinungen auf. Das Tier wurde furchtsam. Es suchte immer die höchsten Orte der Stube auf, und beruhigte sich erst, wenn es durch die Zimmerdecke verhindert wurde, noch höher zu steigen. Wieder eine andere zweckmäßige ererbte Gewohnheit! Bei einbrechender Dunkelheit war das Tier vollends verändert. Näherte man sich dann, so sträubte es die Federn, fing an zu fauchen und zeigte den Ausdruck des Entsetzens und der leibhaftigen Gespensterfurcht. Auch diese ist ganz wohlbegründet und zweckmäßig bei einem Wesen, das unter normalen Verhältnissen jeden Augenblick von irgend einem Ungetüm verschlungen werden kann. — Diese letztere Beobachtung bekräftigte mir die schon vorher gefaßte Ansicht, daß die Gespensterfurcht meiner Kinder nicht von den (sorgfältig ferngehaltenen) Ammenmärchen herrührte, sondern angeboren war. Eines meiner Kinder fing gelegentlich an, den im Dunkeln stehenden Lehnstuhl zu beanstanden, ein anderes wich abends sorgfältig einem Kohlenbehälter beim Ofen aus, besonders wenn derselbe mit geöffnetem Deckel dastand, und einem aufgesperrten Rachen glich. Die Gespensterfurcht ist die wirkliche Mutter der Religionen. Weder die naturwissenschaftliche Analyse noch die sorgfältige historische Kritik eines D. Strauss Mythen gegenüber, welche für den kräftigen Intellekt schon widerlegt sind, bevor sie noch erfunden wurden, werden diese Dinge plötzlich beseitigen und hinwegdekretieren. Was so lange einem wirklichen ökonomischen Bedürfnis entsprach und teilweise noch entspricht (Furcht eines Schlimmern, Hoffnung eines Bessern), wird in den dunkleren unkontrollierbaren instinktiven Gedanken-

reihen noch lange fortleben. Wie die Vögel auf unbewohnten Inseln (nach Darwin) die Menschenfurcht erst im Laufe mehrerer Generationen erlernen müssen, so werden wir erst nach vielen Generationen das unnötig gewordene „Gruseln" verlernen. Jede Faustaufführung kann uns darüber belehren, wie sympathisch uns insgeheim die Anschauungen der Hexenzeit noch sind. Nützlicher als die Furcht vor dem Unbekannten wird dem Menschen die genaue Kenntnis der Natur, seiner Lebensbedingungen. Und bald ist es für ihn am wichtigsten, daß er auf der Hut sei vor Nebenmenschen, die ihn roh vergewaltigen, oder durch Irreleitung seines Verstandes und Gefühls perfid mißbrauchen wollen. — Noch eine eigentümliche Beobachtung will ich hier mitteilen, deren Kenntnis ich meinem Vater (zuletzt Gutsbesitzer in Krain), einem begeisterten Darwinianer, verdanke. Mein Vater beschäftigte sich viel mit Seidenzucht, zog Yama Mai frei im Eichenwalde usw. Die gewöhnliche Morus-Seidenraupe ist seit vielen Jahrhunderten ein Haustier und dadurch höchst unbehilflich und unselbständig geworden. Kommt die Zeit des Einspinnens heran, so pflegt man den Tieren Strohbündel darzubieten, auf welchen sie sich verpuppen. Mein Vater kam nun eines Tages auf den Einfall, einer Gesellschaft von Morusraupen die üblichen Strohbündel nicht bereit zu legen. Die Folge war, daß der größte Teil der Raupen zu Grunde ging, und nur ein geringer Bruchteil, die Genies (mit größerer Anpassungsfähigkeit), sich einspann. Ob, wie meine Schwester beobachtet zu haben glaubt, die Erfahrungen einer Generation schon in der nächsten merklich benützt werden, muß wohl noch weiter untersucht werden. Aus den Versuchen, die C. Lloyd Morgan (Comparative psychology, London 1894) mit jungen Hühnchen, Enten usw. angestellt hat, geht hervor, daß wenigstens bei höheren Tieren kaum etwas anderes angeboren ist als die Reflexe. Das frisch ausgeschlüpfte Hühnchen pickt gleich mit großer Sicherheit nach allem, was es sieht. Was aber aufzupicken ersprießlich ist, muß es durch individuelle Erfahrung lernen. Je einfacher der Organismus, desto geringer die Rolle des individuellen Gedächtnisses. — Aus allen diesen merkwürdigen

Erscheinungen brauchen wir keine Mystik des Unbewußten zu schöpfen. Ein über das Individuum hinausreichendes Gedächtnis (in der oben bezeichneten erweiterten Bedeutung) macht sie verständlich. Eine Psychologie in Spencer-Darwinschem Sinne auf Entwicklungslehre gegründet, aber auf positiver Detailforschung fußend, verspricht reichere Resultate als alle bisherigen Spekulationen. — Meine Beobachtungen und Betrachtungen waren längst angestellt und niedergeschrieben, als Schneiders wertvolle Schrift („Der tierische Wille", Leipzig 1880) erschien, die viele ähnliche enthält. Den Detailausführungen Schneiders, soweit dieselben nicht durch Lloyd Morgans Versuche problematisch werden, muß ist fast durchaus zustimmen, wenngleich seine naturwissenschaftlichen Grundanschauungen (das Verhältnis von Empfindung und physikalischem Prozeß, die Bedeutung der Arterhaltung usw. betreffend) von den meinigen wesentlich verschieden sind, und obgleich ich z. B. auch die Unterscheidung von Empfindungs- und Wahrnehmungstrieben für ganz überflüssig halte. — Eine wichtige Umgestaltung unserer Anschauungen über die Vererbung dürfte durch Weismanns Schrift (Über die Vererbung, Jena 1883) eingeleitet sein. Weismann hält die Vererbung durch Übung erworbener Eigenschaften für höchst unwahrscheinlich und sieht das wichtige Moment in der zufälligen Variation der Keimesanlagen und der Auslese der Keimesanlagen. Wie man sich auch zu Weismanns Ausführungen stellen mag, jedenfalls kann die durch ihn angeregte Diskussion zur Klärung der Fragen nur beitragen. Der fast mathematischen Schärfe und Tiefe seiner Problemstellung wird man gewiß nicht die Anerkennung versagen, und seinen Argumenten nicht die Kraft absprechen können. Die Bemerkung z. B. gibt sehr zu denken, daß die eigentümlichen ungewöhnlichen, scheinbar auf Gebrauch und Anpassung zurückzuführenden Formen der geschlechtslosen Ameisen, welche zudem von der Form ihrer fortpflanzungsfähigen Genossen so sehr abweichen, nicht auf einer Vererbung durch Übung erworbener Eigenschaften beruhen

können[1]). Daß die Keimesanlagen selbst sich durch äußere Einflüsse ändern können, scheint aber doch durch die Bildung neuer Rassen, welche sich als solche erhalten, ihre Rasseneigenschaften vererben, und die selbst wieder unter anderen Umständen einer Umbildung fähig sind, deutlich hervorzugehen. Auf das Keimplasma muß also doch auch der dasselbe umschließende Leib Einfluß nehmen (wie Weismann selbst zugibt). Somit ist ein Einfluß des individuellen Lebens auf die Nachkommen doch nicht auszuschließen, wenn auch eine direkte Übertragung der Resultate der Übung des Individuums auf die Deszendenten (nach Weismanns Darlegung) nicht mehr erwartet werden kann. — Wenn man sich vorstellt, daß die Keimesanlagen zufällig variieren, so ist zu bedenken, daß der Zufall kein Aktionsprinzip ist. Wenn ganz gesetzmäßig wirksame periodische Umstände verschiedener Art und Periodizität zusammentreffen, so überdecken sich dieselben derart, daß man im einzelnen kein Gesetz mehr wahrnimmt. Dennoch äußert sich das Gesetz im Verlauf eines längeren Zeitraumes und erlaubt uns auf gewisse Mittelwerte, Wahrscheinlichkeiten der Effekte zu rechnen[2]). Ohne ein solches Aktionsprinzip hat die Wahrscheinlichkeit, der Zufall, gar keinen Sinn. Welches Aktionsprinzip sollte aber auf die Variation der Keimesanlagen mehr Einfluß üben als der Elternleib? — Ich für meine Person kann mir nicht vorstellen, daß die Art dem Einflusse variierender Umstände unterliegen sollte, welche gleichwohl nicht am Individuum angreifen würden. Meine eigene Variation wird mir aber zudem gewiß, durch jeden Gedanken, jede Erinnerung, jede Erfahrung, welche ja mein ganzes physisches Verhalten ändern[3]).

Obwohl es kaum nötig ist, möchte ich noch ausdrücklich hinzufügen, daß ich die Entwicklungslehre in jeder Form als eine

1) Vielleicht sind aber die kräftigen Kiefer die ursprüngliche Erwerbung der Art, und dieselben sind nur verkümmert bei den ausschließlich das Geschlecht fortpflanzenden Individuen.

2) Vorlesungen über Psychophysik. Zeitschr. f. prakt. Heilkunde. Wien 1863, S. 148, 168, 169.

3) Populärwissenschaftliche Vorlesungen, 3. Aufl. 1903, S. 260, 261.

modifizierbare, zu verschärfende naturwissenschaftliche Arbeitshypothese betrachte, deren Wert so weit reicht, als dieselbe das provisorische Verständnis des in der Erfahrung Gegebenen erleichtert. Für mich, der den gewaltigen Aufschwung aller Forschung, nicht nur der biologischen, durch Darwin miterlebt hat, ist dieser Wert allerdings ein sehr großer. Ich rechte nicht mit jenen, für welche derselbe sehr gering ist. Auf die Notwendigkeit, mit schärferen, durch das Studium der biologischen Tatsachen an sich gewonnenen Begriffen vorzugehen, habe ich schon 1883 und 1886 hingewiesen [1]). Ich stehe also Forschungen, wie jenen Drieschs, keineswegs verständnislos gegenüber. Ob aber Drieschs Kritik [2]) meines Verhaltens gegenüber der Entwicklungslehre gerechtfertigt ist, überlasse ich jenen zu beurteilen, welche sich die Mühe nehmen, trotz dieser Kritik, doch noch meine Ausführungen zu lesen.

10.

Teleologische Betrachtungen haben wir als Hilfsmittel der Forschung keineswegs zu scheuen. Gewiß wird uns das Tatsächliche nicht verständlicher durch Zurückführung desselben auf einen selbst problematischen unbekannten „Weltzweck", oder den ebenso problematischen Zweck eines Lebewesens. Allein die Frage, welchen Wert diese oder jene Funktion für das tatsächliche Bestehen des Organismus hat, oder was sie zu der Erhaltung desselben beiträgt, kann das Verständnis dieser Funktion selbst fördern [3]). Deshalb dürfen wir natürlich noch nicht glauben, daß

---

1) Vgl. Populärwissenschaftliche Vorlesungen, S. 244 f. und Analyse der Empfindungen, 1866, S. 34 f.

2) Driesch, Die organisatorischen Regulationen, 1901, S. 165 f.

3) Solche teleologische Betrachtungen sind mir oft nützlich und aufklärend gewesen. Die Bemerkung z. B., daß ein sichtbares Objekt bei wechselnder Beleuchtungsintensität nur dann als dasselbe wiedererkannt werden kann, wenn die ausgelöste Empfindung von dem Verhältnis der Beleuchtungsintensitäten des Objektes und der Umgebung abhängt, macht eine ganze Reihe organischer Eigenschaften des Auges

wir, wie manche Darwinianer sich ausdrücken, eine Funktion „mechanisch erklärt“ haben, wenn wir erkennen, daß sie für das Bestehen der Art notwendig ist. Darwin selbst ist von dieser kurzsichtigen Auffassung wohl vollkommen frei. Durch welche physikalische Mittel die Funktion sich entwickelt, bleibt noch immer ein physikalisches, und wie und warum sich der Organismus anpassen will, ein psychologisches Problem. Die Erhaltung der Art ist überhaupt nur ein tatsächlicher wertvoller Anhaltspunkt für die Forschung, keineswegs aber das Letzte und Höchste. Arten sind ja wirklich zugrunde gegangen, und neue wohl ebenso zweifellos entstanden. Der lustsuchende und schmerzmeidende Wille[1]) muß also wohl weiter reichen als an die Erhal-

---

verständlich. (Vgl. Hering in Graefe-Saemisch, Handbuch der Augenheilkunde, Bd. III, 12. Kap., S. 13 f.). Man versteht durch dieselbe auch, wie der Organismus sich im Interesse seines Bestehens der bezeichneten Forderung anpassen und sich darauf einrichten mußte, Lichtintensitätsverhältnisse zu empfinden. Das sogenannte Webersche Gesetz oder die Fechnersche psychophysische Fundamentalformel erscheint demnach nicht als etwas Fundamentales, sondern als erklärbares Ergebnis organischer Einrichtungen. Natürlich ist damit der Glaube an die Allgemeingültigkeit dieses Gesetzes aufgegeben. Ich habe die betreffenden Ausführungen in verschiedenen Abhandlungen gegeben (Sitzungsberichte der Wiener Akademie, Bd. LII, Jahrg. 1865, Vierteljahrsschrift für Psychiatrie. Neuwied und Leipzig 1868, Sitzungsberichte der Wiener Akademie, Bd. LVII, Jahrg. 1868). In der letzterwähnten Abhandlung habe ich von der Annahme des Parallelismus zwischen Psychischem und Physischem, oder, wie ich damals mich ausdrückte, von der Proportionalität zwischen Reiz und Empfindung ausgehend, die Fechnersche Maßformel (das Logarithmusgesetz) fallen gelassen und eine andere Auffassung der Fundamentalformel angenommen, deren Gültigkeit für die Lichtempfindung ich nicht bestritten habe. Dies geht aus der daselbst befindlichen Entwicklung unzweifelhaft hervor. Man kann also nicht sagen, wie es Hering getan hat, daß ich überall auf dem psychophysischen Gesetz fuße, sofern man unter diesem die Maßformel versteht. Wie hätte ich auch die Proportionalität von Reiz und Empfindung zugleich mit der logarithmischen Abhängigkeit festhalten können? Mir war es genügend, meine Meinung deutlich zu machen; die Fechnersche eingehend zu kritisieren und zu bekämpfen, hatte ich aus vielen naheliegenden Gründen kein Bedürfnis. Genau genommen, halte ich auch den Ausdruck Proportionalität für unzutreffend, da von einer eigentlichen Messung der Empfindung doch nicht die Rede sein kann, sondern höchstens von einer genauen Charakterisierung und Inventarisierung durch Zahlen. Vgl. „Prinzipien der Wärmelehre“, S. 56, was über die Bezeichnung der Wärmezustände gesagt ist.

1) Man kann den Schopenhauerschen Gedanken der Beziehung von Willen und Kraft ganz wohl annehmen, ohne in beiden etwas Metaphysisches zu sehen.

tung der Art. Er erhält die Art, wenn es sich lohnt, er vernichtet sie, wenn ihr Bestand sich nicht mehr lohnt. Wäre er nur auf die Erhaltung der Art gerichtet, so bewegte er sich, alle Individuen und sich selbst betrügend, ziellos in einem fehlerhaften Zirkel. Dies wäre das biologische Seitenstück des berüchtigten physikalischen „perpetuum mobile“. Derselben Verkehrtheit machen sich jene Staatsmänner schuldig, welche den Staat als Selbstzweck ansehen.

V. Physik und Biologie. Kausalität und Teleologie.

1.

Verschiedene Wissensgebiete entwickeln sich oft lange Zeit neben einander, ohne daß eines auf das andere Einfluß nimmt. Gelegentlich können sie aber wieder in engern Kontakt treten, wenn bemerkt wird, daß die Lehren des einen durch jene des andern eine unerwartete Aufklärung erfahren. Dann zeigt sich sogar das natürliche Bestreben, das erstere Gebiet ganz in dem letzteren aufgehen zu lassen [1]). Der Zeit der Hoffnungsfreudigkeit, der Überschätzung dieser vermeintlich alles aufklärenden Beziehung folgt aber bald eine Periode der Enttäuschung und abermaligen Trennung dieser Gebiete, in welcher wieder jedes seine eigenen Ziele verfolgt, seine besonderen Fragen stellt und seine eigentümlichen Methoden anwendet. Jeder solche zeitweilige Kontakt hinterläßt bleibende Spuren. Außer dem positiven Wissensgewinn, welcher nicht zu unterschätzen ist, wird aber durch die zeitweilige Beziehung verschiedener Gebiete eine Metamorphose der Begriffe eingeleitet, wodurch diese geklärt und über das Gebiet ihrer Entstehung hinaus anwendbar werden.

2.

Wir befinden uns nun in einer solchen Periode mannigfaltiger Beziehungen, und die eingeleitete Gährung der Begriffe bietet recht merkwürdige Erscheinungen dar. Während manche Physiker die physikalischen Begriffe psychologisch, logisch und mathematisch zu säubern bestrebt sind, finden sich andere Phy-

1) Vgl. W. Pauli, Physikalisch-chemische Methoden in der Medizin. Wien 1900. — Daselbst wird eine verwandte, enger begrenzte, Frage behandelt.

siker hierdurch beunruhigt und treten, philosophischer als die Philosophen, für die von diesen vielfach schon aufgegebenen alten metaphysischen Begriffe ein. Philosophen, Psychologen, Biologen und Chemiker wenden den Energiebegriff und andere physikalische Begriffe in so freier Weise auf die weitesten Gebiete an, wie dies der Physiker auf eigenem Gebiete kaum wagen würde. Man könnte fast sagen, die gewöhnlichen Rollen der Fächer seien vertauscht. Ob nun diese Bewegung teils positiven, teils negativen Erfolg hat, jedenfalls wird sich aus derselben eine präzisere Bestimmung der Begriffe, eine genauere Abgrenzung ihres Anwendungsbereiches, eine klarere Vorstellung von der Verschiedenheit und der Verwandtschaft der Methoden der genannten Gebiete ergeben.

3.

Uns handelt es sich hier insbesondere um die Beziehungen des physikalischen und biologischen Gebietes im weitesten Sinne. Schon Aristoteles unterschied wirkende Ursachen und Endursachen oder Zwecke. Es wurde nun vorausgesetzt, daß die Erscheinungen des ersteren Gebietes durchaus durch wirkende Ursachen, jene des letzteren aber auch durch Zwecke bestimmt seien. Die Beschleunigung eines Körpers z. B. ist nur durch die wirkenden Ursachen, durch die augenblicklichen Umstände, die Gegenwart anderer gravitierender, magnetischer oder elektrischer Körper bestimmt. Die Wachstumsentwicklung eines Tieres oder einer Pflanze in ihren eigentümlichen bestimmten Formen, oder die Instinkthandlungen eines Tieres vermögen wir gegenwärtig aus den wirkenden Ursachen allein nicht abzuleiten, doch werden uns dieselben aus dem Zweck der Selbsterhaltung unter diesen besonderen Lebensumständen wenigstens teilweise verständlich. Welche theoretische Bedenken gegen die Anwendung des Zweckbegriffes in der Biologie man auch hegen möchte, gewiß wäre es verkehrt, auf einem Gebiete, wo die „kausale“ Betrachtung noch so unvollkommene Aufklärungen

gibt, die leitenden Fäden, welche die Zweckbetrachtung liefert, ungenützt liegen zu lassen. Ich weiß nicht, wodurch die Raupe des Nachtpfauenauges gezwungen wird, einen Kokon mit einer nach außen sich öffnenden Borstenklappe zu spinnen, aber ich sehe ein, daß gerade ein solcher Kokon dem Zwecke ihrer Lebenserhaltung entspricht. Ich bin weit davon entfernt, die vielen merkwürdigen Entwicklungserscheinungen und Instinkthandlungen der Tiere, die schon Reimarus und Autenrieth beschrieben und studiert haben, „kausal" zu verstehen, aber ich verstehe sie nach dem Zweck der Lebenserhaltung und unter ihren besonderen Lebensbedingungen. Jene Erscheinungen ziehen dadurch die Aufmerksamkeit auf sich und fügen sich dem Lebensbild des organischen Wesens als unverlierbare Bestandteile ein, welches sich dadurch erst zu einem einheitlichen, zusammenhängenden Ganzen gestaltet. Reimarus und Autenrieth haben auf diesem Wege die Verwandtschaft zwischen den Wachstumserscheinungen und den Instinkterscheinungen schon erkannt. Aber erst in neuester Zeit sind, besonders durch die pflanzenphysiologischen Untersuchungen von Sachs und die tierphysiologischen Arbeiten von Loeb über Geotropismus, Heliotropismus, Stereotropismus usw. die Beziehungen zwischen Wachstum und Instinkt wirklich aufgeklärt worden, und man fängt an, dieselben auch „kausal" zu begreifen. Wie nützlich der Zweckbegriff der biologischen Forschung war, darüber kann dem Zeugnis der Geschichte gegenüber gar kein Streit sein. Man denke nur an Keplers Untersuchung des Auges. Die Existenz der Akkommodation war für ihn nach dem Zweck des Auges, der Tatsache des deutlichen Sehens in verschiedene Entfernungen, unzweifelhaft, die Vorgänge aber, welche die Akkommodation bewirken, wurden erst dritthalb Jahrhunderte später wirklich enthüllt. Harvey gelangte zur Entdeckung der Blutbewegung, indem er sich den problematischen Zweck der Stellung der Herz- und Venenklappen klarmachen wollte.

4.

Wenn ein Gebiet von Tatsachen teleologisch auch vollkommen durchschaut ist, so bleibt das Bedürfnis nach dem „kausalen“ Verständnis dennoch bestehen. Der Glaube an eine gänzlich verschiedene Natur der beiden betrachteten Gebiete, vermöge welcher das eine überhaupt nur kausal, das andere überhaupt nur teleologisch zu begreifen wäre, ist nicht gerechtfertigt. Der physikalische Tatsachenkomplex ist einfach, oder läßt sich wenigstens in vielen Fällen willkürlich (durch das Experiment) so einfach gestalten, daß die unmittelbaren Zusammenhänge sichtbar werden. Haben wir uns nun durch genügende Beschäftigung mit diesem Gebiete Begriffe von der Art dieser Zusammenhänge erworben, die wir für den Tatsachen allgemein entsprechend halten, so müssen wir mit logischer Notwendigkeit erwarten, daß auch jede vorkommende Einzeltatsache diesen Begriffen entspricht. Hierin liegt aber keine Naturnotwendigkeit[1]). Das ist das „kausale“ Verständnis. Der biologische Tatsachenkomplex ist nun so zusammengesetzt, daß die unmittelbaren Zusammenhänge nicht übersehen werden. Deshalb begnügen wir uns, auffallende, nicht unmittelbar zusammenhängende Teile des Tatsachenkomplexes als zusammenhängend hervorzuheben. Der an dem einfacheren Kausalverhältnis geschulte Intellekt findet nun in dem Fehlen der Zwischenglieder Schwierigkeiten, die er entweder nach Möglichkeit durch Aufsuchen dieser Zwischenglieder zu beheben sucht, oder er verfällt auf die Hypothese einer ganz neuen Art von Zusammenhängen. Letzteres ist unnötig, wenn wir unsere Kenntnisse als unvollständig und provisorisch ansehen und bedenken, daß im physikalischen Gebiet ganz analoge Fälle vorkommen. Die antiken Forscher unterschieden auch nicht so genau zwischen beiden Gebieten. Aristoteles läßt z. B. die schweren Körper ihren Ort suchen; Heron glaubt, daß die Natur aus Ersparungsrücksichten das Licht auf den kürzesten Wegen und in der

1) Prinzipien der Wärmelehre. 2. Aufl., Leipzig 1900, S. 434, 457.

kürzesten Zeit führe, usw. Diese Forscher zogen keine so scharfe Grenze zwischen dem Physikalischen und Biologischen. Durch eine unscheinbare Wendung des Gedankens kann man übrigens jede teleologische Frage so formulieren, daß der Zweckbegriff ganz aus dem Spiel bleibt. Das Auge sieht in verschiedenen Entfernungen deutlich: dessen dioptrischer Apparat muß also veränderlich sein; worin besteht diese Veränderung? Herz- und Venenklappen öffnen sich alle in demselben Sinne; nur einsinnige Blutbewegung ist unter diesen Umständen möglich. Ist sie vorhanden? Die moderne Entwicklungslehre hat sich diese nüchterne Denkweise angeeignet. Selbst in hoch entwickelten Partien der Physik finden wir andererseits Überlegungen, welche mit jenen der biologischen Wissenschaften sehr verwandt sind. Die Untersuchung über die stehenden Schwingungen z. B., welche unter gegebenen Verhältnissen möglich sind, d. h. sich erhalten können, ist seit langer Zeit weit fortgeschritten. Die Art, wie dieselben aber entstehen, ist erst durch neuere Arbeiten klarer geworden [1]). Die Lichtbewegung auf den kürzesten Wegen erklären wir durch eine Auslese der wirksamen Wege. Die Denkweise des Chemikers steht zuweilen jener des Biologen noch viel näher. Alle möglichen Verbindungen bilden sich nach seiner Auffassung in einer Lösung, die unlöslichen aber, welche neuen Angriffen stärker widerstehen, tragen über die anderen den Sieg davon, und bleiben übrig. Es scheint also zunächst noch keine Nötigung zu bestehen, einen tiefgehenden Unterschied zwischen teleologischer und kausaler Untersuchung anzunehmen. Die erstere ist einfach eine vorläufige. S.Z.6.

5.

Um dies noch näher zu begründen, gehen wir nochmals auf die Vorstellungen von der Kausalität ein. Die alte, hergebrachte Vorstellung von der Kausalität ist etwas ungelenkig: einer Dosis Ursache folgt eine Dosis Wirkung. Es spricht sich hierin eine

1) Vgl. W. C. L. van Schaik, Über die Tonerregung in Labialpfeifen. Rotterdam 1891. — V. Hensen, Annalen der Physik, 4. Folge, Bd. II, S. 719 (1900).

Art primitiver, pharmazeutischer Weltanschauung aus, wie in der Lehre von den vier Elementen. Schon durch das Wort Ursache wird dies deutlich. Die Zusammenhänge in der Natur sind selten so einfach, daß man in einem gegebenen Falle eine Ursache und eine Wirkung angeben könnte. Ich habe deshalb schon vor langer Zeit versucht, den Ursachenbegriff durch den mathematischen Funktionsbegriff zu ersetzen: Abhängigkeit der Erscheinungen von einander, genauer: Abhängigkeit der Merkmale der Erscheinungen von einander[1]). Dieser Begriff ist einer beliebigen Erweiterung und Einschränkung fähig, je nach der Forderung der untersuchten Tatsachen. Die gegen denselben erhobenen Bedenken möchten also wohl zu beseitigen sein[2]). Betrachten wir als einfaches Beispiel das Verhalten gravitierender Massen. Tritt einer Masse A eine Masse B gegenüber, so folgt hierauf eine Bewegung von A gegen B hin. Dies ist die alte Formel. Genauer betrachtet, zeigt sich aber, daß die Massen A, B, C, D . . . aneinander gegenseitig Beschleunigungen bestimmen, welche also mit der Setzung der Massen zugleich gegeben sind. Die Beschleunigungen geben die Geschwindigkeiten an, welche in einer künftigen Zeit erreicht sein werden. Es sind hierdurch nun auch die Lagen von A, B, C, D . . . für jede Zeit bestimmt. Das physikalische Maß der Zeit gründet sich aber wieder auf Raummessung (Drehung der Erde). Es ergibt sich also schließlich Abhängigkeit der Lagen voneinander. Schon in diesem einfachsten Falle vermag also die alte Formel die Mannigfaltigkeit der Beziehungen, welche in

---

1) Die Geschichte und die Wurzel des Satzes der Erhaltung der Arbeit. Prag, Calve, 1872.

2) Solche Einwendungen wurden erhoben von Külpe, Über die Beziehungen zwischen körperlichen und seelischen Vorgängen" (Zeitschr. f. Hypnotismus, Bd. VII, S. 97), ferner von Cossmann, „Empirische Teleologie". Stuttgart 1899, S. 22. Ich glaube nicht, daß meine Auffassung von jener Cossmanns so sehr abweicht, daß eine Verständigung nicht möglich wäre. Bei längerer Erwägung würde Cossmann wahrscheinlich erkannt haben, daß ich den Funktionsbegriff an die Stelle des alten Kausalitätsbegriffes gesetzt habe, und daß dieser auch für jene Fälle genügt, welche er im Auge hat. Gegen die „empirische Teleologie" habe ich übrigens nichts einzuwenden. Vgl. auch C. Hauptmann, Die Metaphysik in der Physiologie. Dresden 1893.

der Natur bestehen, nicht zu fassen. So kommt auch in andern Fällen alles auf gegenseitige Abhängigkeit hinaus[1]), über deren Form selbstverständlich von vornherein gar nichts ausgesagt werden kann, da hierüber nur die Spezialforschung zu entscheiden hat. Eine gegenseitige Abhängigkeit läßt Veränderung nur zu, wenn irgend eine Gruppe der in Beziehung stehenden Stücke als unabhängig variabel betrachtet werden kann. Deshalb ist es zwar möglich, das Weltbild in wissenschaftlich bestimmter Weise im einzelnen zu ergänzen, wenn ein ausreichender Teil desselben gegeben ist; wo aber die ganze Welt hinaus will, kann wissenschaftlich nicht ermittelt werden.

Wenn ein (etwa durch Zentralkräfte) gut definiertes mechanisches System in seinen Lagen und Geschwindigkeiten gegeben ist, so ist dessen Konfiguration als Funktion der Zeit bestimmt. Man kennt dieselbe zu einer beliebigen Zeit vor und nach der Anfangszeit, kann also voraus und rückwärts prophezeien. Dies gilt in beiden Fällen nur, wenn Störungen von außen nicht eintreten, das System also in gewissem Sinne als ein für sich abgeschlossenes angesehen werden kann. Als ganz von der übrigen Welt isoliert kann man jedoch kein System auffassen, da die Bestimmung der Zeit, demnach auch der Geschwindigkeiten, die Abhängigkeit von einem Parameter voraussetzt, der durch den zurückgelegten Weg eines außerhalb des Systems liegenden Körpers (Planeten) bestimmt wird. Die tatsächliche Abhängigkeit, wenn auch nicht die unmittelbare Abhängigkeit aller Vorgänge von der Lage eines Weltkörpers verbürgt uns den Zusammenhang der ganzen Welt[2]). Analoge Überlegungen gelten für ein beliebiges physikalisches System, wenn man dasselbe auch nicht als ein mechanisches auffaßt. Alle genau und klar erkannten Abhängigkeiten lassen sich als gegenseitige Simultanbeziehungen ansehen.

Betrachten wir im Gegensatz hierzu die populären Begriffe Ursache und Wirkung. Die Sonne, S, Fig. 1 b, bestrahle einen

1) Vgl. Erkenntnis u. Irrtum, 1905, S. 274.
2) Ebenda, S. 426 u. f.

in irgend einem Medium eingetauchten Körper K. Dann ist die Sonne oder die Sonnenwärme die Ursache der Erwärmung des Körpers K, welche regelmäßig auf die Bestrahlung folgt. Andererseits kann der Körper K oder dessen Temperaturänderung nicht als Ursache der Temperaturänderung der Sonne angesehen werden, wie es allerdings der Fall wäre, wenn S und K allein in unmittelbarer Wechselbeziehung stünden. Die beiden Änderungen wären dann simultan und würden sich gegenseitig bestimmen. Es liegt dies also an den Zwischengliedern, den Elementen A, B des Mediums, welche nicht nur an K, sondern auch an andern Elementen Änderungen bestimmen und von letzteren Bestimmungen erfahren. K steht ebenso mit unzähligen Elementen in Wechselbeziehung, und nur ein verschwindender Teil seiner Strahlung gelangt zur Sonne zurück. An analogen Umständen liegt es, daß ein Körper K auf die Netzhaut ein Bild N wirft, eine Gesichtsempfindung E auslöst, und daß von dieser eine Erinnerung zurückbleibt, während durch die Erinnerung nicht das Netzhautbild N oder gar der ganze Körper K restituiert wird. Darin liegt für mich der Vorzug des Funktionsbegriffes vor dem Ursachenbegriff, daß ersterer zur Schärfe drängt, und daß demselben die Unvollständigkeit, Unbestimmtheit und Einseitigkeit des letzteren nicht anhaftet. Der Begriff Ursache ist in der Tat ein primitiver vorläufiger Notbehelf. Ich meine, das muß jeder moderne Naturforscher fühlen, der z. B. die Millschen Ausführungen über die Methoden der experimentellen Forschung in Augenschein nimmt. Er würde beim Versuch der Anwendung nicht über das Vorläufigste hinauskommen. — Man kann zwischen räumlich und zeitlich sehr weit Abliegendem funktionale Beziehungen vermuten, von der Gegenwart aus in die ferne Zukunft oder Vergangenheit zu prophezeien versuchen, und kann darin Glück haben. Der Gedanke wird aber auf desto weniger sicherer

Figur 1 b.

Basis ruhen, je größer die Entfernung ist. Deshalb ist es unbeschadet der Größe des Newtonschen Gedankens der Fernwirkung ein so wichtiger Fortschritt der modernen Physik, daß sie, wo sie es kann, die Berücksichtigung der räumlichen und zeitlichen Kontinuität fordert.

6.

Es möchte demnach scheinen, daß man mit dem Funktionsbegriff sowohl im physikalischen als im biologischen Gebiet auskommen und daß derselbe allen Forderungen entsprechen könnte. Der sehr verschiedene Anblick, welchen die beiden Gebiete zeigen, braucht uns nicht abzuschrecken. Ganz nahe verwandte Gruppen von physikalischen Erscheinungen, wie die Reibungselektrizität und die galvanische Elektrizität sehen so verschieden aus, daß man von vornherein kaum eine Zurückführung beider auf dieselben Grundtatsachen erwarten möchte. Die magnetischen und chemischen Erscheinungen, welche im ersteren Gebiete kaum merklich sind und dort schwerlich hätten entdeckt werden können, treten im letzteren gewaltig hervor, während umgekehrt die ponderomotorischen und Spannungserscheinungen nur im ersteren Gebiete sich leicht und ungesucht darbieten. Bekannt ist aber, wie sehr beide Gebiete sich gegenseitig ergänzen und aufklären. Ist man doch daran, die chemische Natur der Reibungselektrizität durch die galvanische Elektrizität zu enthüllen. Ein analoges Verhältnis besteht wohl auch zwischen dem physikalischen und biologischen Gebiet. Beide enthalten wohl dieselben Grundtatsachen; manche Seiten derselben äußern sich aber nur in dem einen, manche nur in dem andern merklich, so daß nicht nur die Physik der Biologie, sondern auch die letztere der erstern hilfreich und aufklärend zur Seite stehen kann. Den unbezweifelten Leistungen der Physik in der Biologie stehen ebenso andere Fälle gegenüber, in welchen erst die Biologie neue physikalische Tatsachen ans Licht gefördert hat (Galvanismus, Pfeffersche Zelle u. s. w.). Die Physik wird in der Biologie viel mehr leisten, wenn sie erst noch durch die letztere gewachsen sein wird.

7.

Wer nur mit physikalischen Betrachtungen vertraut in das Gebiet der Biologie kommt und nun vernimmt, daß einem Tier eigentümliche Organe wachsen, welche es erst in einem spätern Lebensstadium zu zweckmäßiger Verwendung bereit findet, daß es Instinkthandlungen ausführt, die es nicht gelernt haben kann, und die erst dem künftigen Geschlecht' zu gute kommen, daß es sich in seiner Färbung der Umgebung anpaßt, um möglichen künftigen Feinden zu entgehen, kann in der Tat leicht zur Annahme ganz besonderer hier wirksamer Faktoren gelangen. Diese rätselhafte Fernwirkung der Zukunft kann schon deshalb nicht mit einer physikalischen Beziehung parallelisiert werden, weil sie nicht ausnahmslos exakt besteht, denn viele Organismen bereiten sich für ein späteres Lebensstadium vor, gehen aber zugrunde, ohne dasselbe zu erreichen. Man wird nicht etwas, das für uns selbst nicht oder nur mangelhaft bestimmt ist, (ungewisse Vergangenheit oder ungewisse Zukunft) als bestimmend für ein Gegenwärtiges, uns vor Augen Liegendes ansehen wollen. Bedenken wir aber, daß die Vorgänge im Leben der Generationen periodisch wiederkehren, so sehen wir, daß die Auffassung eines bestimmten Lebensstadiums als eines Zukünftigen und Fernwirkenden etwas willkürlich und gewagt ist, und dasselbe auch als ein Vergangenes der Vorfahren, als ein Gegebenes, welches Spuren zurückgelassen hat, angesehen werden kann, wobei das ungewohnte Unbegreifliche sich sehr vermindert. Es ist dann nicht eine mögliche Zukunft, die wirken könnte, sondern eine gewiss unzählige Mal dagewesene Vergangenheit, die gewiß gewirkt hat.

Um Beispiele dafür anzuführen, daß die Physik die Fähigkeit besitzt, an der Lösung scheinbar spezifisch biologischer Fragen wirksam mitzuarbeiten, gedenken wir des merkwürdigen Aufschwungs der experimentellen Embryologie, der Entwicklungsmechanik mit ihren physikalisch-chemischen Methoden[1]).

1) Vgl. W. Roux, Vorträge u. Aufsätze über Entwicklungsmechanik der Organismen, Leipzig, W. Engelmann, 1905.

Sehr bemerkenswert ist auch O. Wieners Nachweis des wahrscheinlichen Zusammenhanges der Farbenphotographie und der Farbenanpassung in der Natur[1]). Außer der Schichtenbildung eines lichtempfindlichen Mediums durch stehende Lichtwellen, welche die Farbe des beleuchtenden Lichtes als Interferenzfarbe wiedergibt, kann eine der Beleuchtung entsprechende Färbung noch auf eine andere Art entstehen. Es gibt lichtempfindliche Stoffe, die fast jede Färbung annehmen können. Werden dieselben farbiger Beleuchtung ausgesetzt, so behalten sie die Farbe der Beleuchtung, weil sie nun die Strahlen derselben Farbe nicht absorbieren und folglich nicht weiter der Veränderung durch das Licht unterliegen. Nach Poultons[2]) Beobachtungen ist es wahrscheinlich, daß viele Anpassungsfarben von Schmetterlingspuppen auf diese Art entstehen. In solchen Fällen ist also das wirksame Mittel nicht weit von dem „Zweck" zu suchen, welcher erreicht wird. Sagen wir nüchtern: Der Gleichgewichtszustand ist durch die Umstände bestimmt, unter welchen derselbe erreicht wird.

8.

Die Begriffe „wirkende Ursache" und „Zweck" stammen ursprünglich beide von animistischen Vorstellungen ab, wie man an dem Beispiel der antiken Forschung noch ganz deutlich sieht. Gewiß wird der Wilde über seine eigenen spontanen, ihm natürlich und selbstverständlich scheinenden Bewegungen sich nicht den Kopf zerbrechen. Sobald er aber unerwartete auffallende Bewegungen in der Natur wahrnimmt, setzt er dieselben instinktiv mit seinen eigenen in Analogie. Es leuchtet ihm hierdurch der Gedanke des eigenen und fremden Willens auf[3]). Nach und nach

1) O. Wiener, Farbenphotographie und Farbenanpassung in der Natur. Wiedemanns Annalen, Bd. LV (1895), S. 225.

2) Poulton, The Colours of Animals. London 1890.

3) Ich setzte meinem etwa 3jährigen Jungen eine Holtzsche Elektrisiermaschine in Gang, und er erfreute sich an dem Funkenspiel derselben. Als ich aber die Maschine losließ und dieselbe weiterrotierte, zog er sich furchtsam zurück und hielt sie augenscheinlich für belebt. „Sie läuft allein"! rief er betroffen und ängstlich. Vielleicht verhalten sich Hunde, die jedem bewegten Wagen bellend nachlaufen, ähnlich. (Eine andere

treten abwechselnd die Ähnlichkeiten und Unterschiede der physikalischen und biologischen Vorgänge mit dem Grundschema der Willenshandlung immer deutlicher hervor, und hiemit gestalten sich die Begriffe schärfer. In der bewußten Willenshandlung fallen Ursache und Zweck noch zusammen. Die große Einfachheit, die Berechenbarkeit der physikalischen Vorgänge drängt in bezug auf diese die animistische Auffassung immer mehr zurück. Der Begriff Ursache geht allmählich durch ungelenkige Formen in den Begriff der Abhängigkeit, in den Funktionsbegriff über. Nur für die Erscheinungen des organischen Lebens, welche der animistischen Auffassung weniger widerstreben, wird der Zweckbegriff, die Ansicht des zielbewußten Handelns, noch aufrecht erhalten, und wo letzteres dem organischen Wesen selbst nicht zugemutet werden kann, denkt man sich ein anderes über demselben schwebendes, zielstrebiges Wesen (Natur usw.), durch welches ersteres geleitet wird.

Der Animismus (Anthropomorphismus) ist an sich kein erkenntnistheoretischer Fehler, es müßte denn jede Analogie ein solcher sein. Der Fehler liegt nur in der Anwendung dieser Ansicht in Fällen, in welchen die Prämissen dafür fehlen oder nicht zureichen. Die Natur, welche den Menschen bildet, hat Analoges von niederer und zweifellos auch höherer Entwicklung reichlich erzeugt.

Wenn an einem unorganischen oder auch an einem organischen Körper irgend ein Vorgang eintritt, der durch die augenblicklichen Umstände vollkommen bestimmt ist, und welcher ohne weitere Folgen auf sich selbst beschränkt bleibt, so werden wir kaum von Zweck sprechen. So, wenn durch einen Reiz Lichtempfindung oder Muskelzuckung erregt wird. Wenn aber der hungrige Frosch nach der gesehenen Mücke schnappt, dieselbe verschlingt und verdaut, so ist der Gedanke einer Zweckhand-

---

plausible, dieser Auffassung nicht widersprechende Erklärung bei Zell, Sind die Tiere unvernünftig? Kosmosverlag S. 38.) Ich erinnere mich, daß ich im Alter von etwa 3 Jahren erschrak, als die elastische Samenkapsel einer Balsamine beim Drücken sich öffnete und meinen Finger umfaßte. Dieselbe erschien mir belebt, als ein Tier.

lung natürlich. In der Auslösung der organischen Funktionen durcheinander, in deren Zusammenhang, in der Nichtbeschränkung auf das Unmittelbare, in dem Umwege liegt erst die Zweckmäßigkeit. In dem Organischen wird ein weit größerer Ausschnitt des Weltgeschehens, der Einfluß einer größeren räumlichen und zeitlichen Umgebung sichtbar. Daher ist es schwerer zu durchschauen. Das wirkliche Verständnis ergibt sich aber doch immer erst, wenn es gelingt, den Komplex in die unmittelbar zusammenhängenden Glieder aufzulösen. Daher sind die eigenartigen Züge des Organischen als provisorische Leitfäden aufzufassen. In dieser Ansicht werde ich gerade durch die Lektüre neuerer biologischer Schriften (Driesch, Reinke u. a.), wenn auch vielleicht gegen die Tendenz der Verfasser, nur noch bestärkt. Ebenso wie die teleologische ist auch die historische Untersuchung eine vorläufige, welche einer Ergänzung durch die kausale bedarf, was von Loeb in seinen biologischen Arbeiten und von K. Menger in seinen volkswirtschaftlichen Schriften sehr richtig betont worden ist. S.Z.7.

9.

Jeder Organismus und die Teile desselben unterliegen den physikalischen Gesetzen. Daher das berechtigte Bestreben, denselben nach und nach physikalisch zu begreifen und die „kausale" Betrachtung allein zur Geltung zu bringen. Versucht man aber dies, so stößt man immer auf ganz eigentümliche Züge des Organischen, für welche sich in den bisher durchschauten physikalischen Erscheinungen (der „leblosen" Natur) keine Analogie darbietet. Ein Organismus ist ein System, das seine Beschaffenheit (chemischen, Wärmezustand u. s. w.) gegen äußere Einflüsse zu erhalten vermag, das einen dynamischen Gleichgewichtszustand von beträchtlicher Stabilität darbietet[1]). Der Organismus vermag durch Aufwand von Energie aus der Umgebung andere Energie an sich zu ziehen, welche jenen Verlust ersetzt

1) Hering, Vorgänge in der lebendigen Substanz. Lotos, Prag 1888.

161413

oder überbietet[1]). Eine Dampfmaschine, die ihre Kohle selbst herbeischafft und sich selbst heizt, ist nur ein schlechtes künstliches Bild des Organismus. Der Organismus besitzt diese Eigenschaften in sehr kleinen Teilen und regeneriert sich aus diesen, d. h. er wächst und pflanzt sich fort. Die Physik wird also aus dem Studium des Organischen an sich noch sehr viel neue Einsicht schöpfen müssen, bevor sie auch das Organische bewältigen kann[2]).

Das beste physikalische Bild für den Lebensprozeß bietet noch ein Brand, oder ein ähnlicher Vorgang, der sich von selbst auf die Umgebung überträgt. Der Brand erhält sich selbst, schafft sich die Verbrennungstemperatur, bringt benachbarte Körper auf diese Temperatur und zieht sie dadurch in den Prozeß, assimiliert und wächst, breitet sich aus, pflanzt sich fort. Ist doch das tierische Leben selbst nur ein Brennen unter komplizierteren Umständen[3]).

10.

Vergleichen wir unsere Willenshandlung mit einer an uns selbst beobachteten, zu unserer eigenen Überraschung eintretenden Reflexbewegung, oder mit der Reflexbewegung eines Tieres. In den beiden letzteren Fällen werden wir die Neigung verspüren, den ganzen Vorgang als durch die augenblicklichen Umstände im Organismus physikalisch bestimmt anzusehen. Was wir Willen nennen, ist nun nichts anderes als die Gesamtheit der teilweise bewußten und mit Voraussicht des Erfolges verbundenen Bedingungen einer Bewegung. Analysieren wir diese Bedingungen, soweit sie ins Bewußtsein fallen, so finden wir nichts als die Erinnerungsspuren früherer Erlebnisse und deren Verbindung (Assoziation). Es scheint, daß die Aufbewahrung solcher Spuren und deren Verbindungen eine Grundfunktion der Elementarorganismen ist, wenngleich

---

1) Hirth, Energetische Epigenesis. München 1898, S. X, XI.

2) Hering, Zur Theorie der Nerventätigkeit. Leipzig 1899.

3) Vgl. Ostwald, „Naturphilosophie“ und die S. 78 zitierte Schrift von Roux.

wir da nicht mehr von einem Bewußtsein, von einer Einordnung in ein System von Erinnerungen sprechen können.

Könnte man Gedächtnis und Assoziation im weiteren Heringschen Sinne als Grundeigenschaften der Elementarorganismen ansehen, so würde die Anpassung verständlich[1]). Was sich begünstigt, trifft öfter zusammen als im Verhältnis der zusammengesetzten Wahrscheinlichkeit und bleibt assoziiert. Gegenwart der Nahrung, Sättigungsgefühl und Schlingbewegung bleiben verbunden. Daß in der Ontogenie gekürzt die Phylogenie wiederholt wird, wäre eine Parallele zu der bekannten Erscheinung, daß Gedanken mit Vorliebe auf den einmal eingeschlagenen Wegen wiederkehren, und unter ähnlichen Verhältnissen auch ähnlich wieder entstehen. In der Tat entwickelt sich jeder Organismus embryonal und auch später unter sehr ähnlichen Verhältnissen. Was nun physikalisch dem Gedächtnis und der Assoziation entspricht, wissen wir nicht. Alle Erklärungsversuche sind sehr gewaltsame. Es scheint da fast keine Analogie zwischen Organischem und Unorganischem zu bestehen. In der Sinnesphysiologie können aber vielleicht die psychologische und physikalische Beobachtung bis zu gegenseitiger Berührung vordringen, und uns so neue Tatsachen zur Kenntnis bringen[2]). Aus dieser Untersuchung wird wohl kein Dualismus hervorgehen, sondern eine Wissenschaft, welche Organisches und Unorganisches umfaßt und die den beiden Gebieten gemeinsamen Tatsachen darstellt.

---

1) Hering, Über das Gedächtnis als allgemeine Funktion der organisierten Materie. Wien 1870.

2) Die erste schüchterne Andeutung dieses Gedankens, noch in Fechnerscher Färbung, habe ich gegeben: Kompendium der Physik für Mediziner, 1863, S. 234.

VI. Die Raumempfindungen des Auges.

1.

Der Baum mit seinem grauen harten rauhen Stamm, den vielen im Winde bewegten Zweigen, mit den glatten, glänzenden weichen Blättern erscheint uns zunächst als ein untrennbares Ganze. Ebenso halten wir die süße runde gelbe Frucht, das helle warme Feuer mit seinen mannigfaltig bewegten Zungen für ein Ding. Ein Name bezeichnet das Ganze, ein Wort zieht wie an einem Faden alle zusammengehörigen Erinnerungen auf einmal aus der Tiefe der Vergessenheit hervor.

Das Spiegelbild des Baumes, der Frucht, des Feuers ist sichtbar, aber nicht greifbar. Bei abgewendetem Blick oder geschlossenen Augen können wir den Baum tasten, die Frucht schmecken, das Feuer fühlen, aber nicht sehen. So trennt sich das scheinbar einheitliche Ding in Teile, welche nicht nur aneinander, sondern auch an andern Bedingungen haften. Das Sichtbare trennt sich von dem Tastbaren, Schmeckbaren usw.

Auch das bloß Sichtbare erscheint uns zunächst als ein Ding. Wir können aber eine gelbe runde Frucht neben einer gelben sternförmigen Blüte sehen. Eine zweite Frucht kann ebenso rund sein als die erste, sie ist aber grün oder rot. Zwei Dinge können von gleicher Farbe aber ungleicher Gestalt sein; sie können von verschiedener Farbe und gleicher Gestalt sein. Hierdurch teilen sich die Gesichtsempfindungen in Farbenempfindungen und Raumempfindungen, die wohl von einander unterschieden, wenn auch nicht voneinander isoliert dargestellt werden können.

2.

Die Farbenempfindung, auf welche wir hier nicht näher eingehen, ist im wesentlichen eine Empfindung der günstigen oder ungünstigen chemischen Lebensbedingungen. In der Anpassung an diese möchte sich die Farbenempfindung entwickeln und modifizieren[1]). Das Licht leitet das organische Leben ein. Das

---

1) Vgl. Grant Allen, „Der Farbensinn". Leipzig 1880. — Der Versuch von H. Magnus, eine bedeutende Entwicklung des Farbensinns in historischen Zeiten nachzuweisen, muß wohl als ein nicht glücklicher bezeichnet werden. Gleich nach dem Erscheinen der Schriften von Magnus korrespondierte ich mit einem Philologen, Herrn Prof. F. Polle in Dresden über dieses Thema, und wir kamen beide alsbald zur Überzeugung, daß die Ansichten von Magnus weder vor einer naturwissenschaftlichen noch vor einer philologischen Kritik Stand halten. Da jeder dem andern die Publikation der Resultate zuschob, so kam es zu einer Publikation nicht. Die Sache ist übrigens einstweilen von E. Krause und eingehend von A. Marty erledigt worden. Ich erlaube mir hier nur kurz folgende Bemerkungen. Aus dem Mangel der Bezeichnung darf man nicht auf das Fehlen der betreffenden Empfindungsqualität schließen. Die Bezeichnungen sind auch heute noch unscharf, verschwommen, mangelhaft und gering an der Zahl, wo eben das Bedürfnis einer scharfen Sonderung nicht vorhanden ist. Die Farbenbezeichnung des heutigen Landmannes und seine Bezeichnung der Empfindungen überhaupt ist nicht entwickelter als jene der griechischen Dichter. Die Bauern im Marchfelde sagten z. B., wie ich selbst oft gehört habe, daß das Kochsalz „sauer" sei, weil ihnen der Ausdruck „salzig" nicht geläufig war. Die Farbenbezeichnung muß man nicht bei Dichtern, sondern in technischen Schriften suchen. Dann darf man aber nicht, wie es Herr Magnus tut, und wie mein Kollege Benndorf bemerkt hat, etwa die Aufzählung der Vasenpigmente für eine Aufzählung sämtlicher Farben halten. Betrachten wir noch die Polychromie der alten Ägypter und Pompejaner, ziehen wir in Erwägung, daß diese Malereien doch kaum von Farbenblinden herrühren können, bemerken wir, daß etwa 70 Jahre nach Vergils Tode Pompeji verschüttet wurde, während Vergil noch beinahe farbenblind gewesen sein soll, so ergibt sich hieraus wohl genügend die Unhaltbarkeit der ganzen Anschauung. Kürzlich wurde die Frage wieder mit Benützung reicherer Quellen aufgenommen von W. Schultz (Das Farbenempfindungssystem der Hellenen, Leipzig, 1904). — Noch in einer andern Richtung muß man mit Anwendungen der Darwinschen Theorie vorsichtig sein. Wir lieben es, uns einen Zustand ohne Farbensinn oder mit geringem Farbensinn einem andern mit hoch entwickeltem Farbensinn vorausgehend zu denken. Es ist eben dem Lernenden natürlich, vom Einfacheren zum Zusammengesetzten fortzuschreiten. Die Natur braucht nicht denselben Weg zu gehn. Der Farbensinn ist da, und er ist wohl variabel. Ob er reicher oder ärmer wird? Wer kann das wissen? Ist es nicht möglich, daß mit dem Erwachen der Intelligenz und der Anwendung künstlicher Mittel die ganze Entwicklung sich auf den Verstand wirft, der ja von da an hauptsächlich in Anspruch genommen wird, und daß die Entwicklung der niederen Organe des Menschen in den Hintergrund tritt? S.Z.8.

grüne Chlorophyll und das (komplementär) rote Hämoglobin spielen in dem chemischen Prozeß des Pflanzenleibes und dem chemischen Gegenprozeß des Tierleibes eine hervorragende Rolle. Beide Stoffe treten uns modifiziert in dem mannigfaltigsten Farbenkleide entgegen. Die Entdeckung des Sehpurpurs, die Erfahrungen der Photographie und Photochemie lassen auch die Sehvorgänge als chemische Vorgänge auffassen. Die Rolle, welche die Farbe in der analytischen Chemie, bei der Spektralanalyse, in der Krystallphysik spielt, ist bekannt. Sie legt den Gedanken nahe, die sogenannten Lichtschwingungen nicht als mechanische, sondern als chemische Schwingungen aufzufassen, als eine wechselnde Verbindung und Trennung, als einen oszillatorischen Prozeß von der Art, wie er bei photochemischen Vorgängen nur in einer Richtung eingeleitet wird. — Diese Anschauung, welche durch die neueren Untersuchungen über anomale Dispersion wesentlich unterstützt wird, kommt der elektromagnetischen Lichttheorie entgegen. Auch von dem elektrischen Strom gibt ja die Chemie die faßbarste Vorstellung im Falle der Elektrolyse, wenn sie beide Bestandteile der Elektrolyten als im entgegengesetzten Sinne durcheinander hindurchwandernd ansieht. So dürften also in einer künftigen Farbenlehre viele biologisch-psychologische und chemisch-physikalische Fäden zusammenlaufen.

3.

Die Anpassung an die chemischen Lebensbedingungen, welche sich durch die Farbe kundgeben, erfordert Lokomotion in viel ausgiebigerem Maße, als die Anpassung an jene, die durch Geschmack und Geruch sich äußern. Wenigstens beim Menschen, über den allein wir ein direktes und sicheres Urteil haben, und um den es sich hier handelt, ist es so. Die enge Verknüpfung (eines mechanischen Momentes) der Raumempfindung mit (einem chemischen Moment) der Farbenempfindung wird hierdurch verständlich. Auf die Analyse der optischen Raumempfindungen wollen wir zunächst eingehen.

4.

Wenn wir zwei gleiche verschiedenfarbige Gestalten, z. B. zwei gleiche verschiedenfarbige Buchstaben, betrachten, so erkennen wir die gleiche Form trotz der Verschiedenheit der Farbenempfindung auf den ersten Blick. Die Gesichtswahrnehmungen müssen also gleiche Empfindungsbestandteile enthalten. Diese sind eben die (in beiden Fällen gleichen) Raumempfindungen.

Fig. 2.

5

Wir wollen nun untersuchen, welcher Art die Raumempfindungen sind, welche physiologisch das Wiedererkennen einer Gestalt bedingen. Zunächst ist klar, daß dieses Wiedererkennen nicht durch geometrische Überlegungen herbeigeführt wird, welche nicht Empfindungs-, sondern Verstandessache sind. Vielmehr dienen die betreffenden Raumempfindungen aller Geometrie zum Ausgangspunkt und zur Grundlage. Zwei Gestalten können geometrisch kongruent, physiologisch aber ganz verschieden sein, wie dies die beiden obenstehenden Quadrate veranschaulichen, welche ohne mechanische und intellektuelle Operationen niemals als gleich erkannt werden können[1]). Um uns die hierher gehörigen Verhältnisse geläufig zu machen, stellen wir einige recht einfache Versuche an. Wir betrachten einen

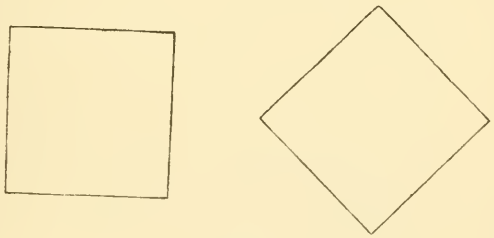


Fig. 3.

1) Vgl. meine kleine Abhandlung „Über das Sehen von Lagen und Winkeln". Sitzungsberichte der Wiener Akademie, Bd. 43, Jahrg. 1861, S. 215.

ganz beliebigen Fleck (Fig. 4). Stellen wir denselben Fleck zweimal oder mehrmal in gleicher Orientierung in eine Reihe,

Fig. 4.

Fig. 5.

so bedingt dies einen eigentümlichen angenehmen Eindruck, und wir erkennen ohne Schwierigkeit auf den ersten Blick die Gleichheit aller Gestalten (Fig. 5). Die Formgleichheit wird aber ohne intellektuelle Mittel nicht mehr erkannt, wenn wir den einen Fleck gegen den andern genügend verdrehen (Fig. 6). Eine auffallende Verwandtschaft beider Formen wird dafür bemerklich, wenn man dem Fleck einen zweiten in bezug auf die Medianebene des Beobachters symmetrischen hinzufügt (Fig. 7). Nur durch Drehung der Figur oder durch intellektuelle Operationen erkennt man aber die Formverwandtschaft, wenn die Symmetrieebene bedeutend, z. B. wie in Fig. 8 von der Medianebene des Beobachters abweicht. Dagegen wird die Formverwandtschaft wieder merklich, wenn man dem Fleck denselben Fleck, um 180° in der eigenen Ebene gedreht, hinzufügt (Fig. 9). Es entsteht auf diese Weise die sogenannte zentrische Symmetrie.

Fig. 6.

Fig. 7.

Fig. 8.

Fig. 9.

Fig. 10.

Verkleinern wir nun alle Dimensionen des Fleckes in demselben Verhältnis, so erhalten wir einen geometrisch ähnlichen Fleck. Allein so wenig das geometrisch Kongruente auch schon physiologisch (optisch) kongruent, das geometrisch Symmetrische optisch symmetrisch ist, so wenig ist das geometrisch Ähnliche auch schon optisch ähnlich. Nur wenn der geometrisch ähn-

liche Fleck neben den andern in gleicher Orientierung gesetzt wird, so erscheinen beide auch optisch ähnlich (Fig. 10). Eine Verdrehung des einen Fleckes hebt diese Ähnlichkeit wieder auf (Fig. 11). Setzt man statt des einen Fleckes den in bezug

Fig. 11.

Fig. 12.

Fig. 13.

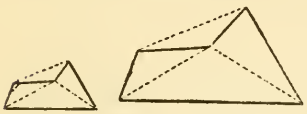
auf die Medianebene des Beobachters symmetrischen, so entsteht eine symmetrische Ähnlichkeit, welche auch einen optischen Wert hat (Fig. 12). Auch die Drehung der einen Figur um 180^0 in ihrer Ebene, wobei die zentrisch-symmetrische Ähnlichkeit entsteht, hat noch einen physiologisch-optischen Wert (Fig. 13).

6.

Worin besteht nun das Wesen der optischen Ähnlichkeit gegenüber der geometrischen Ähnlichkeit? In geometrisch ähnlichen Gebilden sind alle homologen Entfernungen proportioniert. Das ist aber Verstandessache und nicht Sache der Empfindung. Wenn wir einem Dreiecke mit den Seiten a, b, c ein anderes mit den Seiten 2a, 2b, 2c gegenüberstellen, so erkennen wir diese einfache Beziehung nicht unmittelbar, sondern intellektuell durch Abmessung. Soll die Ähnlichkeit auch optisch hervortreten, so muß noch die richtige Orientierung hinzukommen. Daß eine einfache Beziehung zweier Objekte für den Verstand nicht auch eine Ähnlichkeit der Empfindung bedingt, sehen wir, wenn wir die Dreiecke mit den Seiten a, b, c und $a+m$, $b+m$, $c+m$ vergleichen. Beide Dreiecke sehen einander keineswegs ähnlich. Ebenso sehen nicht alle Kegelschnitte einander ähnlich, obgleich alle in einer einfachen geometrischen Verwandtschaft stehen; noch weniger zeigen die Kurven dritter Ordnung untereinander eine optische Ähnlichkeit, usw.

7

Die geometrische Ähnlichkeit zweier Gebilde ist bestimmt dadurch, daß alle homologen Entfernungen proportioniert, oder dadurch, daß alle homologen Winkel gleich sind. Optisch ähnlich werden die Gebilde erst, wenn sie auch ähnlich liegen, wenn also alle homologen Richtungen parallel, oder wie wir vorziehen wollen zu sagen, gleich sind (Fig. 14). Die Wichtigkeit der Richtung für die Empfindung geht schon aus der aufmerksamen Betrachtung der Figur 3 hervor. Die Gleichheit der Richtungen ist es also, wodurch die gleichen Raumempfindungen bedingt sind, welche die physiologisch-optische Ähnlichkeit der Gestalten charakterisieren[1]).



Figur 14.

Die physiologische Bedeutung der Richtung einer betrachteten Geraden oder eines Kurvenelementes können wir uns noch durch folgende Betrachtung vermitteln. Es sei $y = f(x)$ die Gleichung einer ebenen Kurve. Durch den bloßen Anblick können wir den Verlauf der Werte von $\frac{dy}{dx}$ an der Kurve absehen, denn dieselben sind durch deren Steigung bestimmt, und auch über die Werte von $\frac{d^2y}{dx^2}$ gibt das Auge qualitativen Aufschluß, denn sie sind durch die Krümmung der Kurve charakterisiert. Es liegt die Frage nahe, warum man über die Werte von $\frac{d^3y}{dx^3}$, $\frac{d^4y}{dx^4}$

1) Vor etwa 40 Jahren brachte ich in einer Gesellschaft von Physikern und Physiologen die Frage zur Sprache, woran es liege, daß geometrisch ähnliche Gebilde auch optisch ähnlich seien. Ich weiß mich ganz wohl zu erinnern, daß man diese Frage nicht nur überflüssig, sondern sogar auch komisch fand. Nichtsdestoweniger bin ich heute noch so wie damals überzeugt, daß diese Frage das ganze Problem des Gestaltensehens einschließt. Daß ein Problem nicht gelöst werden kann, welches gar nicht als solches anerkannt wird, ist klar. In dieser Nichtanerkennung spricht sich aber meines Erachtens jene einseitig mathematisch-physikalische Gedankenrichtung aus, durch die es allein erklärlich wird, daß man z. B. den Heringschen Ausführungen so vielfach, und so lange, Opposition statt freudiger Zustimmung entgegengebracht hat.

usw. nicht ebenso unmittelbar etwas aussagen kann? Die Antwort ist einfach. Man sieht natürlich nicht die Differentialquotienten, welche Verstandessache sind, sondern man sieht die Richtung der Kurvenelemente und die Abweichung der Richtung eines Elementes von jener eines andern.

Da man nun die Ähnlichkeit ähnlich liegender Gebilde unmittelbar erkennt, und auch den Spezialfall der Kongruenz von einem andern ohne weiteres zu unterscheiden vermag, so geben uns also unsere Raumempfindungen Aufschluß über Gleichheit oder Ungleichheit der Richtungen und über Gleichheit oder Ungleichheit der Abmessungen.

8.

Daß die Raumempfindungen mit dem motorischen Apparat der Augen irgendwie zusammenhängen, hat von vornherein eine hohe Wahrscheinlichkeit. Ohne noch auf die Einzelheiten näher einzugehen, bemerken wir zunächst, daß der ganze Augenapparat, und insbesondere der motorische Apparat in bezug auf die Medianebene des Kopfes symmetrisch ist. Dementsprechend werden auch mit symmetrischen Blickbewegungen gleiche oder doch fast gleiche Raumempfindungen verbunden sein. Kinder verwechseln fortwährend die Buchstaben b und d. p und q. Auch Erwachsene merken eine Umkehrung von rechts nach links nicht leicht, wenn nicht besondere sinnliche oder intellektuelle Anhaltspunkte dieselbe bemerklich machen. Der motorische Apparat der Augen ist von sehr vollkommener Symmetrie. Für sich allein würde die gleiche Erregung seiner symmetrischen Organe die Unterscheidung von rechts und links kaum ermöglichen. Allein der ganze Menschenleib, und insbesondere das Hirn, ist mit einer geringen Asymmetrie behaftet, welche z. B. dazu führt, die eine (gewöhnlich die rechte) Hand bei motorischen Funktionen zu bevorzugen. Dies führt wieder zu einer weiteren und besseren Entwicklung der rechtsseitigen motorischen Funktionen und zu einer Modifikation der zugehörigen Empfindungen. Haben sich einmal beim Schreiben die Raumempfindungen des

Auges mit den motorischen Empfindungen der rechten Hand verknüpft, so tritt eine Verwechslung jener vertikalsymmetrischen Gestalten, auf welche sich die Schreibefertigkeit und Schreibegewohnheit erstreckt, nicht mehr ein. Diese Verknüpfung kann sogar so stark werden, daß die Erinnerungen nur in den gewohnten Bahnen ablaufen, und daß man z. B. Spiegelschrift nur mit der größten Schwierigkeit liest. Die Verwechslung von rechts und links kommt aber immer noch vor in bezug auf Gestalten, die ein rein optisches (z. B. ornamentales), kein motorisches Interesse haben. Eine merkliche Differenz zwischen rechts und links müssen übrigens auch die Tiere empfinden, da sie in vielen wichtigen Fällen sich nur hierdurch orientieren können. Wie ähnlich übrigens die Empfindungen sind, welche an symmetrische motorische Funktionen geknüpft sind, darüber kann sich der aufmerksame Beobachter leicht belehren. Wenn ich z. B., weil meine rechte Hand zufällig beschäftigt ist, mit der linken Hand eine Mikrometerschraube oder einen Schlüssel anfasse, so drehe ich (ohne vorausgegangene Überlegung) sicherlich verkehrt, d. h. ich führe die symmetrische Bewegung zu der gewohnten aus, indem ich beide wegen der Ähnlichkeit der Empfindung verwechsle. Die Beobachtungen von Heidenhain über die Spiegelschrift halbseitig Hypnotisierter gehören auch hieher.

9.

Der Gedanke, daß die Unterscheidung von rechts und links auf einer Asymmetrie, und in letzter Linie möglicher Weise auf einer chemischen Verschiedenheit beruhe, verfolgt mich seit meiner Jugend; ich habe denselben schon bei Gelegenheit meiner ersten Vorlesungen ausgesprochen (1861). Seither hat sich derselbe wiederholt hervorgedrängt. Von einem alten Offizier erfuhr ich gelegentlich, daß Truppen in dunkler Nacht, im Schneegestöber, wenn äußere Anhaltspunkte fehlen, in der Meinung, geradlinig in einer Richtung zu marschieren, sich annähernd in einem Kreise von großem Radius bewegen, so daß sie fast auf den Ausgangsort zurückkommen. In Tolstois Erzählung „Herr und

Diener“ wird von einer analogen Erscheinung berichtet. Diese Phänomene sind wohl nur durch eine geringe motorische Asymmetrie verständlich. Sie sind analog dem Rollen eines vom Zylinder wenigabweichenden Kegels in einem Kreis von großem Radius. In der Tat hat F. O. Guldberg[1]), der über die hierher gehörigen Erscheinungen an verirrten Menschen und Tieren eingehende Untersuchungen angestellt hat, die Sache so aufgefaßt. Desorientierte Menschen und Tiere bewegen sich ausnahmslos nahezu in Kreisen, deren Radien nach der Spezies variieren, während der Mittelpunkt, je nach dem Individuum und der Spezies, bald auf der rechten, bald auf der linken Seite des die Kreisbahn durchlaufenden Individuums liegt. Guldberg sieht hierin auch eine teleologische Einrichtung zum Wiederfinden der pflegebedürftigen Jungen. Versuche an niederen Tieren, bei welchen letzteres Moment wegfällt, wären daher von Interesse. Unvollkommene Symmetrie wird man übrigens schon aus allgemeinen Wahrscheinlichkeitsgründen auch bei niederen Tieren erwarten.

Auch Loebs[2]) Untersuchungen „Über den Fühlraum der Hand“ haben nebst anderen Ergebnissen gelehrt, daß eine gegebene Bewegung der rechten Hand (bei verbundenen Augen) mit der linken nachgeahmt, je nach dem Individuum, konstant vergrößert oder verkleinert wiedergegeben wird. Loeb glaubt aus Regenerationserscheinungen schließen zu dürfen, daß der Unterschied zwischen rechts und links ein spezifischer ist. Ich kann aber versichern, daß ich denselben ebenfalls nicht als einen bloß geometrischen und quantitativ motorischen aufgefaßt habe.

10.

Mit dem Blick nach oben und dem Blick nach unten sind grundverschiedene Raumempfindungen verbunden, wie dies

1) F. O. Guldberg, Die Zirkularbewegung. Zeitschr. f. Biologie, Bd. 25, 1897, S. 419. — Herr Dr. W. Pauli hat mich im Gespräche auf diese Arbeit aufmerksam gemacht.

2) Loeb, Über den Fühlraum der Hand. Pflügers Archiv, Bd. 41 u. 46.

die gewöhnlichste Erfahrung lehrt. Das ist auch verständlich, weil der motorische Augenapparat in bezug auf eine horizontale Ebene unsymmetrisch ist. Die Richtung der Schwere ist auch für den übrigen motorischen Apparat viel zu maßgebend und wichtig, so daß dieser Umstand auch in dem Apparat des Auges, welcher dem übrigen dient, wohl seinen Ausdruck finden muß. Daß die Symmetrie einer Landschaft und ihres Spiegelbildes im Wasser gar nicht empfunden wird, ist bekannt. Das von oben nach unten umgekehrte Portrait einer bekannten Persönlichkeit ist fremd und rätselhaft für jeden, der nicht durch intellektuelle Anhaltspunkte sie erkennt. Wenn man sich hinter den Kopf einer auf einem Ruhebette liegenden Person stellt, und ohne Spekulation sich dem Eindrucke des Gesichtes ganz hingibt (namentlich wenn die Person spricht), so ist derselbe ein durchaus fremdartiger. Die Buchstaben b und p, ferner d und q werden auch von Kindern nicht verwechselt.

Unsere bisherigen Bemerkungen über Symmetrie, Ähnlichkeit usw. gelten natürlich nicht nur für ebene, sondern auch für räumliche Gebilde. Dementsprechend haben wir noch über die Raumempfindung der Tiefe eine Bemerkung hinzuzufügen. Der Blick in die Ferne und der Blick in die Nähe bedingt verschiedene Empfindungen. Sie dürfen auch nicht verwechselt werden, weil der Unterschied von nah und fern für Mensch und Tier zu wichtig ist. Sie können nicht verwechselt werden, weil der motorische Apparat der Augen unsymmetrisch ist in bezug auf eine Ebene, welche auf der Richtung vorn-hinten senkrecht steht. Die Erfahrung, daß die Büste einer bekannten Persönlichkeit nicht durch die Matrize dieser Büste ersetzt werden kann, ist ganz analog den Beobachtungen bei Umkehrungen von oben nach unten.

11.

Wenn gleiche Abmessungen und gleiche Richtungen gleiche Raumempfindungen, zur Medianebene des Kopfes symmetrische Richtungen ähnliche Raumempfindungen aus-

lösen, so werden hierdurch die oben berührten Tatsachen sehr verständlich. Die Gerade hat in allen Elementen dieselbe Richtung und löst überall einerlei Raumempfindungen aus. Darin liegt ihr ästhetischer Vorzug. Außerdem treten noch Gerade, welche in der Medianebene liegen oder zu derselben senkrecht stehen, in eigentümlicher Weise hervor, indem sie sich bei dieser Symmetrielage zu beiden Hälften des Sehapparates gleich verhalten. Jede andere Stellung der Geraden wird als eine „Schiefstellung" empfunden, als eine Abweichung von der Symmetriestellung.

Die Wiederholung desselben Raumgebildes in gleicher Orientierung bedingt Wiederholung derselben Raumempfindungen. Alle Verbindungslinien homologer ausgezeichneter (auffallender) Punkte haben die gleiche Richtung und lösen dieselbe Empfindung aus. Auch bei Nebeneinanderstellung bloß geometrisch ähnlicher Gebilde in gleicher Orientierung bleibt dies Verhältnis bestehen. Nur die Gleichheit der Abmessungen geht verloren. Bei Störung der Orientierung ist aber auch dies Verhältnis und hiermit der einheitliche (ästhetische) Eindruck gestört.

Bei einem in bezug auf die Medianebene symmetrischen Gebilde treten an die Stelle der gleichen Raumempfindungen die ähnlichen, welche den symmetrischen Richtungen entsprechen. Die rechte Hälfte des Gebildes steht zur rechten Hälfte des Sehapparates in demselben Verhältnis, wie die linke Hälfte des Gebildes zur linken Hälfte des Sehapparates. Läßt man die Gleichheit der Abmessungen fallen, so wird noch die symmetrische Ähnlichkeit empfunden. Schiefstellung der Symmetrieebene stört das ganze Verhältnis.

Stellt man neben ein Gebilde dasselbe Gebilde, aber um 180° gedreht, so entsteht die zentrische Symmetrie. Verbindet man nämlich zwei Paare homologer Punkte, so schneiden sich die Verbindungslinien in einem Punkte *O*, durch welchen als Halbierungspunkt alle Verbindungslinien homologer Punkte hindurchgehen. Auch im Falle der zentrischen Symmetrie sind alle homologen Verbindungslinien gleich gerichtet, was an-

genehm empfunden wird. Geht die Gleichheit der Abmessungen verloren, so bleibt noch die zentrisch symmetrische Ähnlichkeit für die Empfindung übrig.

Die Regelmäßigkeit scheint der Symmetrie gegenüber keinen eigentümlichen physiologischen Wert zu haben. Der Wert der Regelmäßigkeit dürfte vielmehr nur in der vielfachen Symmetrie liegen, welche nicht bloß bei einer Stellung merklich wird.

12.

Die Richtigkeit der gegebenen Ausführungen wird sehr fühlbar, wenn man das Werk von Owen Jones (Grammar of Ornament, London 1865) durchblättert. Fast auf jeder Tafel wird man die verschiedenen Arten der Symmetrie als Belege für die gewonnenen Anschauungen wiederfinden. Die Ornamentik, welche, wie die reine Instrumentalmusik, keinen Nebenzweck verfolgt, sondern nur dem Vergnügen an der Form (und Farbe) dient, liefert am besten die Tatsachen für die vorliegenden Studien. Die Schrift wird durch andere Rücksichten als jene der Schönheit beherrscht. Gleichwohl findet man z. B. unter den 24 großen lateinischen Buchstaben 10 vertikal symmetrische (A, H, I, M, O, T, V, W, X, Y), fünf horizontal symmetrische (B, C, D, E, K), drei zentrisch symmetrische (N, S, Z), und nur sechs unsymmetrische (F, G, L, P, Q, R).

Das Studium der Entwicklung der primitiven Kunst ist für die uns beschäftigenden Fragen sehr lehrreich. Der Charakter dieser Kunst ist bestimmt: durch die Naturobjekte, welche sich der Nachahmung darbieten, durch den Grad der mechanischen Geschicklichkeit, und endlich durch das Streben, die Wiederholung in ihren verschiedenen Formen zur Anwendung zu bringen[1]).

---

1) Alfred C. Haddon, Evolution in art.: as illustrated by the life-histories of designs. London 1895.

13.

Die ästhetische Bedeutung der hier besprochenen Tatsachen habe ich schon in älteren Schriften kurz dargelegt. Ausführlich darüber zu handeln, lag nicht in meinem Plan. Ich kann jedoch nicht unerwähnt lassen, daß der verstorbene Physiker J. L. Soret[1]) in Genf in einem schönen 1892 erschienenen Buch dies getan hat, als dessen Vorläufer ein 1866 von ihm auf der Schweizer Naturforscherversammlung gehaltener Vortrag anzusehen ist. Soret knüpft an Helmholtz an, ohne, wie es scheint, meine Ausführungen zu kennen. Die physiologische Seite der Frage wird von ihm nicht weiter erörtert, dagegen sind die Ausführungen über Ästhetik sehr reich und durch ansprechende Beispiele belegt. Soret betrachtet die ästhetische Wirkung der Symmetrie, der Wiederholung, der Ähnlichkeit und der Kontinuität, welche letztere er als einen Fall der Wiederholung ansieht. Kleinere Abweichungen von der Symmetrie können nach seiner Auffassung durch die eingeführte Mannigfaltigkeit und das hiermit verbundene intellektuelle ästhetische Vergnügen für den Ausfall des sinnlichen Vergnügens reichlich entschädigen. Dies wird an Ornamenten und den Skulpturen gothischer Dome erläutert. Dieses intellektuelle Vergnügen wird auch durch die virtuelle (potentielle) Symmetrie ausgelöst, welche man an unsymmetrischen Stellungen der symmetrischen menschlichen Figur oder anderer Gebilde wahrnimmt. Diese Betrachtungen wendet er übrigens nicht bloß auf optische Fälle an, sondern dehnt sie auf alle Gebiete aus, wie ich es ebenfalls getan habe. Er berücksichtigt den Rhythmus, die Musik, die Bewegungen, den Tanz, die Naturschönheiten und sogar die Literatur. Von besonderem Interesse sind Sorets Beobachtungen über Blinde, zu welchem ihm das Asyl von Lausanne Gelegenheit bot. Blinde erfreuen sich der periodischen Wiederholung derselben Formen an tastbaren Gegenständen,

1) J. L. Soret, Sur les conditions physiques de la perception du beau. Genève 1892.

haben einen entschiedenen Sinn für Symmetrie der Formen. Auffallende Störungen derselben sind ihnen unangenehm und erscheinen ihnen zuweilen komisch. Ein Blinder, welcher seine Studien an einer großen Reliefkarte von Europa gemacht hatte, erkannte diesen Erdteil vermöge der geometrischen Ähnlichkeit, als er denselben in verkleinertem Maßstab als Teil einer größeren Reliefkarte fand. Das symmetrische Tastorgan, die beiden Arme und Hände, sind ja analog angelegt, wie das Sehorgan. Die Übereinstimmung darf uns also nicht wundern. Dieselbe hat schon auf die antiken Forscher, nicht minder auf die modernen (Descartes) gewirkt, und auch manche nicht eben glückliche Ideen erzeugt, die zum Teil noch fortwirken. Weniger gelungen scheint das Kapitel über Literatur in dem Soretschen Buche. An Metrum, Reim usw. zeigen sich ja ähnliche Erscheinungen, wie in den vorher behandelten Gebieten. Wenn aber Soret z. B. die Wirkung der sechsmal wiederkehrenden Phrase: „Que diable allait il faire sur cette galère" in dem bekannten Molièreschen Stück [1]) mit der Wiederholung eines ornamentalen Motivs in Parallele setzt, so wird er wohl wenig Zustimmung finden. Die Wiederholung wirkt hier gewiß nicht als solche, sondern durch sukzessive Steigerung eines komischen Gegensatzes, nur intellektuell.

Ich möchte hier noch auf die seither erschienene Arbeit von Arnold Emch: Mathematical principles of esthetic forms (the Monist, Oktober 1900) aufmerksam machen. Emch gibt anziehende Beispiele, in welchen eine Reihe von Formen durch Befolgen desselben geometrischen Prinzips zu einem ästhetischen Eindruck zusammenwirkt. Er verfolgt denselben Gedanken, den ich in meiner Vorlesung von 1871 berührt habe, daß eine Produktion nach einer festen Regel ästhetisch wirkt. (Populär-wissenschaftliche Vorlesungen, Leipzig, 3. Aufl. 1903, S. 102.) Ich habe aber zugleich hervorgehoben und möchte es hier nochmals tun, daß die Regel als Verstandesangelegenheit an sich keinen.

---

1) Les fourberies de Scapin.

ästhetischen Effekt hat, sondern nur die hierdurch bedingte Wiederholung desselben sinnlichen Motivs.

14.

Es sei hier nochmals hervorgehoben, daß geometrische und physiologische Eigenschaften eines Raumgebildes scharf zu scheiden sind. Die physiologischen Eigenschaften sind durch geometrische mitbestimmt, aber nicht allein durch diese bestimmt. Dagegen haben physiologische Eigenschaften höchst wahrscheinlich die erste Anregung zu geometrischen Untersuchungen gegeben. Die Gerade ist wohl nicht durch ihre Eigenschaft, die Kürzeste zwischen zwei Punkten zu sein, sondern zuerst durch ihre physiologische Einfachheit aufgefallen. Auch die Ebene hat, neben ihren geometrischen Eigenschaften, einen besondern physiologisch-optischen (ästhetischen) Wert, durch welchen sie auffällt, wie dies noch ausgeführt werden soll. Die Teilung der Ebene und des Raumes nach rechten Winkeln hat nicht nur den Vorzug der gleichen Teile, welche hierbei entstehen, sondern auch noch einen besonderen Symmetriewert. Der Umstand, daß kongruente und ähnliche geometrische Gebilde in eine Orientierung gebracht werden können, in welcher ihre Verwandtschaft physiologisch auffällt, hat ohne Zweifel bewirkt, daß diese Arten der geometrischen Verwandtschaft früher untersucht worden sind, als minder auffällige, wie Affinität, Kollineation und andere. Ohne Zusammenwirken der sinnlichen Anschauung und des Verstandes ist eine wissenschaftliche Geometrie nicht denkbar. H. Hankel hat aber in seiner „Geschichte der Mathematik" (Leipzig 1874) sehr schön ausgeführt, daß in der griechischen Geometrie das Verstandesmoment, in der indischen hingegen das sinnliche Moment bedeutend überwiegt. Die Inder verwenden das Prinzip der Symmetrie und der Ähnlichkeit (a. a. O. S. 206) in einer Allgemeinheit, welche den Griechen vollkommen fremd ist. Der Vorschlag Hankels, die Schärfe der griechischen Methode mit der Anschaulichkeit der indischen zu einer neuen Darstellungsweise zu verbinden, ist sehr beherzigenswert. Man

brauchte übrigens hierin nur den Anregungen von Newton und Joh. Bernoulli zu folgen, welche das Prinzip der Ähnlichkeit selbst in der Mechanik in noch allgemeinerer Weise verwendet haben. Welche Vorteile auf dem letzteren Gebiete das Prinzip der Symmetrie bietet, habe ich an einem andern Orte vielfach ausgeführt [1]).

---

1) Weniger vollständige Ausführungen der Hauptgedanken dieses Kapitels habe ich gegeben in der zitierten Abhandlung „Über das Sehen von Lagen und Winkeln“ (1861), ferner in Fichtes Zeitschrift für Philosophie, Bd. 46, Jahrg. 1865, S. 5 und „Gestalten der Flüssigkeit. Die Symmetrie“, Prag 1872. (Die drei letzten Artikel sind abgedruckt in den „Populär-wissenschaftlichen Vorlesungen“, Leipzig, 3. Aufl., 1903.) In bezug auf die Verwertung des Prinzipes der Symmetrie in der Mechanik vgl. meine Schrift: „Die Mechanik in ihrer Entwicklung“. Leipzig, Brockhaus, 1883, 4. Aufl. 1901.

VII. Weitere Untersuchung der Raumempfindungen[1]).

1.

Die Kenntnis des räumlichen Sehens hat im Verlauf des 19. Jahrhunderts wesentliche Fortschritte gemacht, nicht allein durch den Gewinn an positiver Einsicht, sondern auch durch die Beseitigung der in diesem Gebiete von verschiedenen Philosophen und Physikern, namentlich seit Descartes, angehäuften Vorurteile, wodurch erst die für positive Entdeckungen nötige Unbefangenheit gewonnen werden mußte.

Johannes Müller[2]) schuf die Lehre von den spezifischen Energien, und derselbe vertrat auch in sehr klarer Weise die Vorstellung von den identischen Netzhautstellen, welche sich übrigens in deutlichen Anfängen bis auf Ptolemaeus[3]) zurückverfolgen läßt. Nach seiner Ansicht, daß die Netzhaut in ihrer eigenen Tätigkeit sich selbst empfinde, ist ihm der „Sehraum" etwas unmittelbar Gegebenes. Im Sehfeld erscheint auch der eigene Leib. Alle Orientierungsfragen können nur auf die Lage der Teile des Sehfeldes gegen einander Bezug haben. Die Sehrichtung hängt nur von der Anordnung der empfindenden Netz-

1) Der im vorigen Kapitel behandelte Stoff ist meines Wissens (drei kleine Arbeiten von mir selbst und die spätere von Soret abgerechnet) noch nicht besprochen worden. Die Erörterungen in diesem Kapitel aber gründen sich für mich auf jene des vorigen. Ich lege hier die Wege dar, auf welchen ich selbst zu Aufklärungen über die Raumempfindung gelangt bin, ohne etwas von dem in Anspruch zu nehmen, was von anderer Seite in dieser Richtung geleistet wurde und was namentlich in der Heringschen Theorie enthalten ist. Die große hierher gehörige Literatur ist mir auch zu unvollständig bekannt, um nach jeder Richtung hin genaue Nachweise zu geben. Denjenigen Punkt der Heringschen Theorie, der mir der wichtigste scheint, werde ich übrigens besonders hervorheben.

2) Joh. Müller, Vergleichende Physiologie des Gesichtssinnes, 1826. — Handbuch der Physiologie, Bd. 2, 1840.

3) L'Ottica di Claudio Tolomeo pubblicata da G. Govi, Torino, 1885.

hautstellen ab. Alle Projektionstheorien und Probleme des Aufrechtsehens entfallen. Die Schätzung der Entfernung des Gesehenen ist aber für Müller durchaus noch Sache des Verstandes.

Durch das von Wheatstone[1]) erfundene Stereoskop konnte man sich leicht überzeugen, daß nicht nur auf identische Netzhautstellen, sondern auch auf andere nicht zu sehr differente Stellen fallende Bilder unter Umständen einfach, und je nach der stereoskopischen Differenz in verschiedener Tiefe gesehen werden. Dies führte nun wieder zu Zweifeln an der Identitätslehre und begünstigte das Auftreten psychologischer Erklärungen des Tiefensehens. So entstand Brückes Theorie des sukzessiven Fixirens beim räumlichen Sehen, welche durch Doves Stereoskopversuche bei Momentbeleuchtung wieder als unhaltbar erwiesen wurde.

Panum[2]) trat solchen Theorien durch gewichtige Überlegungen und trefflich ausgedachte Versuche entgegen. Gestützt auf die Phänomene des binokularen Wettstreites und die hervorragende Rolle der Konturen bei denselben, gelangt er zu der Ansicht, daß das Tiefensehen auf einer Wechselwirkung (Synergie) der beiden Netzhäute beruhe, daß die Tiefenempfindung eine angeborne spezifische Energie sei. Je ähnlicher die beiden monokularen Bilder, namentlich die Konturen, in Form, Farbe und Lage sind, desto leichter verschmelzen sie zu einem binokularen Bilde, dessen Tiefe durch die stereoskopische Differenz bestimmt wird. Diese Tiefe entspricht aber, wie Panum noch meint, der durch die Projektionslinien gegebenen.

Am gründlichsten hat Hering[3]) mit alten Vorurteilen aufgeräumt. Hering geht von der Ansicht aus, daß der uns unmittelbar gegebene Sehraum von unserem durch besondere Erfahrungen gewonnenen Raumbegriff durchaus zu unterscheiden sei. Wie er durch schlagende Experimente nachweist, ist die Richtung, in welcher wir ein Objekt sehen, von jener der Verbindungslinie

1) Wheatstone, Contributions to the theory of vision. Phil. Transact., 1838, 1852.

2) Panum, Untersuchungen über das Sehen mit zwei Augen, 1858.

3) Hering, Beiträge zur Physiologie, 1861—1865. — Archiv für Anatomie und Physiologie, 1864, 1865. — Der Raumsinn und die Bewegungen des Auges, in Hermanns Handbuch der Physiologie, Bd. III, 1, 1879.

zwischen Objekt und Netzhautbild, der Visierlinie oder Projektionslinie, verschieden. Dem Paar der Visierlinien der beiden Augen entspricht eine deren Winkel halbierende Sehrichtung, welche wir von dem Halbierungspunkte der Verbindungslinie beider Augen ausgehend zu denken haben. Um jede Beziehung auf den geometrischen Raum auszuschalten, können wir sagen: Die beiden Augen zusammen sehen dieselbe Breiten- und Höhenanordnung, welche ein einzelnes mitten zwischen denselben liegendes Auge sehen würde. Fixieren wir mit horizontalen Blicklinien und symmetrischer Konvergenz einen Punkt auf der Fensterscheibe, so sehen wir diesen in der Medianebene, zugleich aber in derselben dahinter weit seitwärts abliegende Objekte. Auch bei schwacher Divergenz der Augenachsen sehen wir im stereoskopischen Versuch noch Objekte vor uns, während die Projektionsrichtungen überhaupt nicht mehr zu solchen führen, wenigstens keinen physikalischen oder physiologischen Sinn mehr haben. Auch die gesehenen Entfernungen stimmen nicht zu den Ergebnissen der Projektionslehre. Wenn wir bei horizontalen Blicklinien durch den Müllerschen Horopterkreis vertikale Fäden legen, so erscheint uns der so entstandene Zylinder als eine Ebene. Wir sehen nicht nur das Bild des fixierten Punktes (den „Kernpunkt"), sondern auch den Inbegriff aller sich auf identischen („korrespondierenden") Stellen abbildender Punkte (die „Kernfläche") als eine in bestimmter Entfernung vor uns liegende Ebene. Diese und viele andere analoge Tatsachen sind nach der Projektionslehre ganz unverständlich. Das Raumsehen führt Hering auf ein einfaches Prinzip zurück. Identische („korrespondierende") Netzhautstellen haben identische Höhen- und Breitenwerte, symmetrische Netzhautstellen dagegen identische Tiefenwerte, welche letztere von den Außenseiten der Netzhäute nach innen zu wachsen. Tritt wegen Ähnlichkeit der monokularen Bilder in Farbe, Form und Lage Verschmelzung derselben zu einem binokularen Bilde ein, so erhält dieses den Mittelwert der Tiefenwerte der Einzelbilder. Solche Mittelwerte der Einzelbilder spielen überhaupt eine maßgebende Rolle, so

auch bei den Sehrichtungen. Diese Andeutungen mögen genügen, da es hier nicht möglich ist, auf die reichhaltigen Einzelarbeiten einzugehen, durch welche Hering[1]) diesem Kapitel eine sichere Grundlage geschaffen hat. Es sei nur noch bemerkt, daß nach demselben Forscher die beiden Augen als einheitliches Organ aufzufassen sind, deren assoziierte Bewegungen auf einer angeborenen anatomischen Grundlage beruhen, worauf schon Johannes Müller hingewiesen hatte.

Die biologische und die psychologische[2]) Untersuchung führen übereinstimmend zu der Überzeugung, daß in bezug auf die Raumanschauung nur mehr die nativistische Ansicht aufrecht erhalten werden kann. Das Hühnchen, welches eben aus dem Ei geschlüpft ist, zeigt sich schon im Raume orientiert und pickt schon nach allen Gegenständen, welche seine Aufmerksamkeit erregen, Für den neugeborenen Menschen können wir höchstens eine geringere Reife, sonst aber nicht wesentlich verschiedene Verhältnisse annehmen. Schon Panum hat auf diesen Punkt hingewiesen. Die Raumanschauung ist also bei der Geburt vorhanden. Ob wir imstande sein werden, dieselbe durch die Entwicklungsgeschichte oder die Stammesgeschichte aufzuklären, etwa in der von Helmholtz versuchten Weise, ist eine Frage für sich.

Die phylogenetische Entwicklung, die Variation der Korrespondenz der Netzhäute beim Übergang von einer Tierspezies zur andern, welche Johannes Müller[3]) untersucht hat, möchte hierfür schon Anhaltspunkte bieten. Vielversprechend scheint ferner die Verfolgung der pathologischen Anomalien bei Schielenden und der Anpassungserscheinungen, welche in diesen Fällen zu beobachten sind[4]).

---

1) Unter den an Herings Untersuchungen anknüpfenden Arbeiten jüngerer Forscher sind besonders jene F. Hildebrands von Interesse für die Psychologie.

2) Stumpf, Der psychologische Ursprung der Raumvorstellungen, 1873.

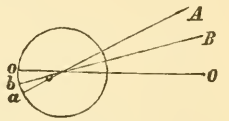
3) Vergleichende Physiologie des Gesichtssinnes, S. 106 u. f.

4) Tschermak, Über anomale Sehrichtungsgemeinschaft der Netzhäute bei Schielenden. Graefes Archiv, XLVII, 3, S. 508. — Tschermak, Über physiologische und pathologische Anpassung des Auges. Leipzig 1900. — Schlodtmann, Studien über anomale Sehrichtungsgemeinschaft bei Schielenden. Graefes Archiv, LI, 2, 1900.

2.

Daß die Raumempfindung mit motorischen Prozessen zusammenhängt, wird seit langer Zeit nicht mehr bestritten. Die Meinungen gehen nur darüber auseinander, wie dieser Zusammenhang aufzufassen sei.

Fallen zwei verschiedenfarbige kongruente Bilder nach einander auf dieselben Netzhautstellen, so werden sie ohne weiteres als gleiche Gestalten erkannt. Wir können uns also zunächst verschiedene Raumempfindungen an verschiedene Netzhautstellen gebunden denken. Daß aber diese Raumempfindungen nicht unabänderlich an bestimmte Netzhautstellen geknüpft sind, erkennen wir, indem wir frei und willkürlich die Augen bewegen, wobei die Objekte, obgleich ihre Bilder auf der Netzhaut sich verschieben, ihren Ort und ihre Gestalt nicht ändern.



Figur 15.

Wenn ich geradeaus vor mich blicke, ein Objekt *O* fixierend, so erscheint mir ein Objekt *A*, das sich auf der Netzhaut in *a*, in einer bestimmten Tiefe unter der Stelle des deutlichsten Sehens *o* abbildet, in einer gewissen Höhe zu liegen. Erhebe ich nun den Blick, *B* fixierend, so behält *A* hierbei seine frühere Höhe bei. Es müßte tiefer erscheinen, wenn der Ort des Bildes auf der Netzhaut, bezw. der Bogen *o a* allein die Raumempfindung bestimmen würde. Ich kann den Blick bis zu *A* und darüber hinaus erheben, ohne daß an diesem Verhältnis etwas geändert wird. Der physiologische Prozeß also, der die willkürliche Erhebung des Auges bedingt, vermag die Höhenempfindung ganz oder teilweise zu ersetzen, ist mit ihr gleichartig, kurz gesagt, algebraisch mit derselben summierbar. Drehe ich den Augapfel durch einen leichten Ruck mit dem Finger aufwärts, so scheint sich hierbei das Objekt *A*, der Verkleinerung des Bogens *o a* entsprechend, in der Tat zu senken. Dasselbe geschieht, wenn durch irgend einen andern unbewußten oder unwillkürlichen Prozeß, z. B. durch einen Krampf der Augenmuskel, der Aug-

apfel sich aufwärts dreht. Nach einer seit mehreren Dezennien bekannten Erfahrung der Augenärzte greifen Patienten mit einer Lähmung des Rectus externus zu weit nach rechts, wenn sie ein rechts liegendes Objekt ergreifen wollen. Da dieselben eines stärkeren Willensimpulses bedürfen als Gesunde, um ein rechtsliegendes Objekt zu fixieren, so liegt der Gedanke nahe, daß der Wille, rechts zu blicken, die optische Raumempfindung „rechts" bedingt. Ich habe vor Jahren[1]) diese Erfahrung in die Form eines Versuches gebracht, den jeder sofort anstellen kann. Man drehe die Augen möglichst nach links und drücke nun an die rechten Seiten der Augäpfel zwei große Klumpen von ziemlich festem Glaserkitt gut an. Versucht man alsdann rasch nach rechts zu blicken, so gelingt dies wegen der ungenauen Kugelform der Augen nur sehr unvollkommen, und die Objekte verschieben sich hierbei ausgiebig nach rechts. Der blosse Wille, rechts zu blicken, gibt also den Netzhautbildern an bestimmten Netzhautstellen einen größeren Rechtswert, wie wir kurz sagen wollen. Der Versuch wirkt anfangs überraschend. Wie man aber bald merkt, lehren die beiden einfachen Erfahrungen, daß durch willkürliche Rechtswendung der Augen die Objekte nicht verschoben, und daß durch gewaltsame unwillkürliche Linkswendung die Objekte nach rechts verschoben werden, zusammen genau dasselbe. Mein Auge, welches ich rechts wenden will und nicht kann, läßt sich als ein willkürlich rechts gewendetes und durch eine äußere Kraft gewaltsam zurückgedrehtes Auge ansehen. Professor W. James[2]) wollte der erwähnte Versuch nicht gelingen. Ich habe denselben oft wiederholt und immer bestätigt gefunden. Die Tatsache, glaube ich, steht fest, womit aber natürlich nicht über die Richtigkeit der Auffassung entschieden ist.

3.

Der Wille, Blickbewegungen aufzuführen, oder die Innervation (?), ist die Raumempfindung selbst. Dies ergibt sich un-

1) Kurz nach Abschluß meiner „Grundlinien der Lehre von den Bewegungsempfindungen" (1875).

2) W. James, The principles of Psychology, II, 509.

gezwungen aus der angeführten Betrachtung[1]). Wenn wir an einer Hautstelle ein Jucken oder einen Stich empfinden, wodurch unsere Aufmerksamkeit genügend gefesselt wird, so greifen wir sofort mit dem richtigen Ausmaß der Bewegung dahin. Ebenso drehen wir die Augen mit dem richtigen Ausmaß nach einem Netzhautbild, sobald dasselbe uns genügend reizt, und wir es demnach beachten. Vermöge organischer Einrichtungen und langer Übung treffen wir sofort die zur Fixierung eines auf bestimmter Netzhautstelle sich abbildenden Objektes eben zureichende Innervation. Sind die Augen schon rechts gewendet, und fangen wir an, ein neues mehr rechts oder links gelegenes Objekt zu beachten, so fügt sich eine neue gleichartige Innervation der schon vorhandenen algebraisch hinzu. Eine Störung entsteht erst, wenn zu den willkürlich abgemessenen Innervationen fremdartige unwillkürliche oder äußere bewegende Krafte hinzutreten.

4.

Als ich mich vor Jahren mit den hierher gehörigen Fragen beschäftigte, bemerkte ich eine eigentümliche Erscheinung, die meines Wissens noch nicht beschrieben worden ist. Wir betrachten in einem recht dunklen Zimmer ein Licht A und führen dann eine rasche Blickbewegung nach dem tieferen Licht B aus. Das Licht A scheint hierbei einen (rasch verschwindenden) Schweif AA' nach oben zu ziehen. Dasselbe tut natürlich auch das Licht B, was zur Vermeidung von Komplikationen in der Figur nicht angedeutet ist. Der Schweif ist selbstverständlich ein Nachbild, welches erst bei Beendigung oder kurz vor Beendigung der Blickbewegung zum Bewußtsein kommt, jedoch, was eben merkwürdig

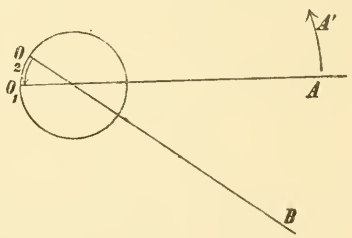


Fig. 16.

1) Ich halte hier den Ausdruck fest, welcher sich mir (1875) unmittelbar ergeben hat, ohne der weitern Untersuchung zu präjudizieren. Ich lasse es hier und in dem zunächst Folgenden noch dahingestellt, ob die Innervation eine Folge der Raumempfindung ist oder umgekehrt. Gewiß sind beide eng verbunden.

ist, mit Ortswerten, welche nicht der neuen Augenstellung und Innervation, sondern noch der frühern Augenstellung und Innervation entsprechen. Ähnliche Erscheinungen bemerkt man oft beim Experimentieren mit der Holtzschen Elektrisiermaschine. Wird man während einer Blickbewegung abwärts von einem Funken überrascht, so erscheint derselbe oft hoch über den Elektroden. Liefert er ein dauerndes Nachbild, so zeigt sich dieses natürlich unter den Elektroden. Diese Vorgänge entsprechen der sogenannten persönlichen Differenz der Astronomen, nur daß sie auf das Gebiet des Gesichtssinnes beschränkt sind. Durch welche organischen Einrichtungen dies Verhältnis bedingt ist, muß dahingestellt bleiben, wahrscheinlich hat es aber einen gewissen Wert für Verhinderung der Desorientierung bei Augenbewegungen [1]). S.Z.109.

5.

Wir dachten uns bisher der Einfachheit wegen nur die fixierenden Augen bewegt, hingegen den Kopf (und überhaupt den Körper) ruhig. Drehen wir nun den Kopf ganz beliebig, ohne ein optisches Objekt absichtlich ins Auge zu fassen, so bleiben die Objekte hierbei ruhig. Zugleich kann aber ein anderer Beobachter bemerken, daß die Augen wie reibungslose träge Massen an den Drehbewegungen keinen Anteil nehmen. Noch auffallender wird der Vorgang, wenn man sich kontinuierlich aktiv oder passiv um die Vertikalachse, von oben gesehen, etwa im Sinne des Uhrzeigers, herumdreht. Die offenen oder geschlossenen Augen drehen sich dann, wie Breuer beobachtet hat, etwa zehnmal auf eine volle Umdrehung des Körpers gleichmäßig verkehrt wie der Uhrzeiger, und ebenso oft ruckweise im Sinne des Uhrzeigers zurück. Die Figur veranschaulicht diesen Vorgang. Nach OT sind die Zeiten als Abszissen, aufwärts als Ordinaten die Drehungswinkel im Sinne

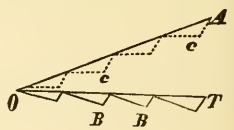


Fig. 17.

1) Eine andere Ansicht hierüber entwickelt Lipps, Zeitschr. f. Psychologie u. Physiologie der Sinnesorgane, Bd. I, S. 60.

des Uhrzeigers, abwärts im entgegengesetzten Sinne aufgetragen. Die Kurve OA entspricht der Drehung des Körpers, OBB der relativen und OCC der absoluten Drehung der Augen. Niemand wird sich bei Wiederholung der Beobachtung der Überzeugung verschließen können, daß man es mit einer durch die Körperdrehung reflektorisch vom Labyrinth ausgelösten automatischen (unbewußten) Augenbewegung zu tun hat. Dieselbe verschwindet, sobald die (passive) Drehung nicht mehr empfunden wird. Wie diese Bewegung zustande kommt, bleibt natürlich zu untersuchen. Eine einfache Vorstellung wäre die, daß von zwei antagonistischen Innervationsorganen der ihnen bei der Körperdrehung gleichmäßig zufließende Reiz von dem einen wieder mit einem gleichmäßigen Innervationsstrom beantwortet wird, während das andere immer erst nach einer gewissen Zeit wie ein gefüllter und plötzlich umkippender Regenmesser einen Innervationsstoß abgibt. Für uns genügt es vorläufig zu wissen, daß diese automatische kompensierende unbewußte Augenbewegung tatsächlich vorhanden ist.

Bekannt ist die kompensatorische Raddrehung der Augen, welche bei Seitwärtsneigung des Kopfes auftritt. Nagel[1]) hat nachgewiesen, daß dieselbe $^1/_{10}$—$^1/_6$ des Winkels der Kopfneigung beträgt. Kürzlich haben nun Breuer und Kreidl[2]) auch im Drehapparat solche Versuche angestellt und gefunden:

„Wir empfinden, wie Purkynie und Mach gesagt haben, die Richtung der Massenbeschleunigung. Ändert sich diese Richtung durch Hinzutritt einer seitlich auf den Körper wirkenden horizontalen Beschleunigung, so tritt eine Raddrehung der Augen auf, welche während der Dauer jener Einwirkung anhält und die Hälfte, 0,6 des Ablenkungswinkels beträgt. Die Drehung des Sehraumes, die Schiefstellung vertikaler Linien, welche unter

---

1) Nagel, Über kompensatorische Raddrehungen der Augen. Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. der Sinnesorgane, Bd. 12, S. 338.

2) Breuer u. Kreidl, Über scheinbare Drehung des Gesichtsfeldes während der Einwirkung einer Zentrifugalkraft. Pflügers Archiv, Bd. 70, S. 494.

solchen Verhältnissen wahrgenommen wird, beruht also auf einer wirklichen unbewußten Drehung der Augen."

Ich muß hier ferner noch zweier Arbeiten über kompensierende Augenbewegungen gedenken, welche von Crum Brown[1]) herrühren.

6.

Die langsamere unbewußte kompensierende Augenbewegung (die ruckweise hinterläßt keinen optischen Eindruck) ist also die Ursache, daß die Objekte bei Kopfdrehungen ihren Ort beizubehalten scheinen, was für die Orientierung sehr wichtig ist. Drehen wir nun mit dem Kopf in demselben Sinn, das fixierte Objekt wechselnd, auch willkürlich die Augen, so müssen wir durch die willkürliche Innervation die automatische unwillkürliche überkompensieren. Wir bedürfen derselben Innervation, als ob der ganze Drehungswinkel vom Auge allein zurückgelegt worden wäre. Hierdurch erklärt es sich auch, warum, wenn wir uns umdrehen, der ganze optische Raum uns als ein Kontinuum und nicht als ein Aggregat von Gesichtsfeldern erscheint, und warum hierbei die optischen Objekte festliegend bleiben. Was wir beim Umdrehen von unserem eigenen Körper sehen, sehen wir aus klarliegenden Gründen optisch bewegt.

So gelangen wir also zu der praktisch wertvollen Vorstellung unseres bewegten Körpers in einem festliegenden Raume. Es wird uns verständlich, daß wir bei mehrfachen Drehungen und Wendungen in Straßen, in Gebäuden, und bei passiven Drehungen im Wagen, oder in der Kajüte eingeschlossen (ja selbst in der Dunkelheit) die Orientierung nicht verlieren. Allerdings schlafen die Urkoordinaten, von welchen wir ausgingen, allmählich und unvermerkt ein, und bald zählen wir wieder von den Objekten aus, welche vor uns liegen. Der eigentümlichen Desorientierung, in welcher man sich zuweilen nachts beim plötzlichen Erwachen befindet, ratlos das Fenster, den Tisch usw.

1) Crum Brown, Note on normal nystagmus. Proceedings of the Royal Society of Edinburgh, February 4, 1895. — The relation between the movements of the eyes and the movements of the head. Robert Boyle lecture, May 13, 1895.

suchend, mögen wohl dem Erwachen unmittelbar vorausgehende motorische Träume zugrunde liegen.

Ähnliche Verhältnisse wie bei Körperdrehungen zeigen sich bei Körperbewegungen überhaupt. Bewege ich den Kopf oder den ganzen Körper seitwärts, so verliere ich ein optisch fixirtes Objekt nicht. Dasselbe scheint fest zu stehen, während die ferneren Objekte eine der Körperbewegung gleichsinnige, die näheren eine entgegengesetzte parallaktische Verschiebung erfahren. Die gewohnten parallaktischen Verschiebungen werden gesehen, stören aber nicht, und werden richtig interpretiert. Bei monokularer Inversion eines Plateau'schen Drahtnetzes aber fallen die dem Sinne und dem Ausmaß nach ungewohnten parallaktischen Bewegungen sofort auf, und spiegeln uns ein gedrehtes Objekt vor[1]).

7.

Wenn ich meinen Kopf drehe, so sehe ich nicht nur jenen Teil desselben, den ich überhaupt sehen kann, gedreht, was nach dem Vorausgeschickten sofort verständlich ist, sondern ich fühle ihn auch gedreht. Dies beruht darauf, daß im Gebiete des Tastsinnes ganz analoge Verhältnisse bestehen. wie im Gebiete des Gesichtssinnes[2]). Greife ich nach einem Objekt, so

1) Vgl. meine „Beobachtungen über monokulare Stereoskopie". Sitzungsberichte der Wiener Akademie (1868), Bd. 58.

2) Die Ansicht, daß Gesichtssinn und Tastsinn sozusagen denselben Raumsinn als gemeinsamen Bestandteil enthalten, ist von Locke aufgestellt, von Berkeley wieder bestritten worden. Auch Diderot ist (Lettre sur les aveugles) der Ansicht, daß der Raumsinn des Blinden von jenem des Sehenden gänzlich verschieden ist. Man vgl. hierüber die scharfsinnigen Ausführungen von Dr. Th. Loewy (Common sensibles. Die Gemein-Ideen des Gesichts- und Tastsinnes nach Locke und Berkeley, Leipzig 1884), deren Resultat ich übrigens nicht beistimmen kann. Der Umstand, daß ein Blindgeborner nach der Operation, bei dem von Molyneux vorgeschlagenen Experiment, den ihm durch das Getast wohlbekannten Würfel und die ebenso bekannte Kugel, durch das Gesicht nicht unterscheidet, beweist für mich gar nichts gegen Locke und nichts für Berkeley und Diderot. Auch der Sehende erkennt die einfach umgekehrte Figur erst nach mehrfacher Übung. Es fehlen eben bei Beginn des Sehens alle auf das Optische bezüglichen Assoziationen zur intellektuellen Verwertung desselben. Hierzu kommt noch, daß bei dauerndem Fehlen optischer Reize in früher Jugend die Entwicklung der zentralen Sehsphäre ausbleibt oder vielleicht sogar

kompliziert sich eine Tastempfindung mit einer Innervation. Blicke ich nach dem Objekt, so tritt an die Stelle der Tastempfindung eine Lichtempfindung. Da Hautempfindungen auch ohne Tasten von Objekten immer vorgefunden werden, sobald man ihnen die Aufmerksamkeit zuwendet, so geben diese, mit wechselnden Innervationen kompliziert, ebenfalls die Vorstellung unseres bewegten

---

Rückbildung eintritt, wie dies aus den schönen Beobachtungen von Schnabel (Beiträge zur Lehre von der Schlechtsichtigkeit durch Nichtgebrauch der Augen. Berichte des naturw.-med. Vereins in Innsbruck, XI, S. 32) und aus den Experimenten von Munk an neugeborenen Hunden (Berliner klin. Wochenschr., 1877, Nr. 35) hervorgeht. Auch bei nicht eigentlich Blinden kann die Sehsphäre so wenig entwickelt sein, daß dieselben nur durch eine besondere Anleitung zur Verwertung ihrer Gesichtsempfindungen erzogen werden können. Der vom Blindeninstituts-Direktor Herrn S. Heller vorgestellte Knabe (Wiener klin. Wochenschr. v. 25. April 1901) ist wahrscheinlich ein solcher Fall von partiellem (optischem) Idiotismus. Aus dem Verhalten operierter Blindgeborener sind also nur mit größter Vorsicht Schlüsse zu ziehen. So wurde aus dem Bericht von Chesselden über seinen operierten Blindgeborenen, welcher anfangs glaubte, daß alles Gesehene seine Augen berühre, der falsche Schluß gezogen, daß die Wahrnehmung der Tiefendimension auf außeroptischen Erfahrungen beruhe. Ein Zufall vermittelte mir das Verständnis dieser Erscheinung. Als ich einmal in fremder Gegend in dunkler Nacht eine Strecke zu gehn hatte, fürchtete ich immer an ein großes schwarzes Objekt anzustoßen. Es war ein mehrere Kilometer ferner Berg, der bei der Unmöglichkeit zu fixieren und zu akkomodieren, wie sie eben bei frisch Operierten auch bestehn wird, diese Erscheinung bedingte. Wen die eigene Stereoskopie nicht überzeugt, daß auch die Tiefendimension optisch gegeben ist, den werden wohl auch die Erfahrungen der Rumpfmenschen (ohne Arm und Bein) Eva Lauk und Kobelkofi (G. Hirth, Energetische Epigenesis, 1898, S. 165) nicht belehren.

Alle Raumempfindungssysteme, mögen sie noch so verschieden sein, sind durch ein gemeinsames, assoziatives Band, die Bewegungen, zu deren Leitung sie dienen, verknüpft. Wie hätte der blinde Saunderson, wenn Locke Unrecht hätte, eine für Sehende verständliche Geometrie schreiben können! Analogien zwischen dem Raumsinn des Gesichts und des Getastes bestehen gewiß. Etwas hiervon wurde schon bei Besprechung der Arbeit von Soret (S. 97) erwähnt, und manches war schon in der Aristotelischen Schule bekannt. So erwähnen schon die „Parva naturalia" das Experiment mit dem Kügelchen, welches zwischen dem Zeigefinger und dem kreuzweise über diesen gelegten Mittelfinger doppelt empfunden wird. Dasselbe gelingt mir noch viel schlagender, wenn ich die so gelegten Finger an einem Stäbchen hin- und herführe. Und einfach empfinde ich zwei parallele Stäbchen, zwischen welchen ich die in gleicher Weise gelegten Finger schleifend bewege. Die Analogie mit dem Doppeltsehen des Einfachen und dem Einfachsehen des Doppelten ist hier vollständig. Aber auch die Unterschiede sind so groß, daß der Sehende sich sehr schwer in die Raumvorstellung des Blinden hineinzufinden vermag, da er immer seine Gesichtsvorstellungen interpretierend einmischt. Selbst ein Kopf wie Diderot verfällt gelegentlich in den sonderbaren Irrtum, dem Blinden die Raumphantasie abzusprechen. Vgl. Loebs Arbeit über den Fühlraum (s. S. 93) und Hellers Studien zur Blinden-Psychologie (Leipzig, 1895). S. Kap. IX. S.Z.10.

Körpers, welche mit der auf optischem Wege gewonnenen in voller Übereinstimmung steht.

Bei aktiven Bewegungen werden also die Hautempfindungen disloziert, wie man kurz sagen kann. Bei passiven Bewegungen unseres Körpers treten reflektorisch ausgelöste unbewußte kompensierende Innervationen und Bewegungen auf. Drehe ich mich z. B. rechts herum, so komplizieren sich meine Hautempfindungen mit denselben Innervationen, die mit Berührung von Objekten bei Rechtsdrehung verbunden wären. Ich fühle mich rechts gedreht. Werde ich passiv rechts gedreht, so entsteht reflektorisch das Bestreben, die Drehung zu kompensieren. Ich bleibe entweder wirklich stehen, und empfinde mich dann auch ruhig, oder ich unterdrücke die Linksdrehung. Dazu bedarf ich aber derselben willkürlichen Innervation, wie zu einer aktiven Rechtsdrehung, welche auch die gleiche Empfindung zur Folge hat.

8.

Das hier dargelegte einfache Verhältnis übersah ich noch nicht vollständig bei Abfassung meiner Schrift über Bewegungsempfindungen. In Folge dessen blieben mir einige teils von Breuer, teils von mir beobachtete Erscheinungen schwer verständlich, die sich nun ohne Schwierigkeit erklären, und die ich kurz berühren will. Bei passiver Drehung eines in einem Kasten eingeschlossenen Beobachters nach rechts erscheint demselben der Kasten optisch gedreht, obgleich jeder Anhaltspunkt zur Beurteilung einer Relativdrehung fehlt. Führen seine Augen unwillkürlich kompensierende Bewegungen nach links aus, so verschieben sich die Netzhautbilder so, daß er eine Bewegung nach rechts sieht. Fixiert er aber den Kasten, so muß er die unwillkürlichen Bewegungen willkürlich kompensieren, und sieht nun wieder eine Bewegung nach rechts. Es wird hierdurch deutlich, daß die Breuersche Erklärung der Scheinbewegung des Augenschwindels richtig ist, und daß gleichwohl durch willkürliches Fixieren diese Bewegung nicht zum Verschwinden gebracht werden kann.

Auch die übrigen in meiner Schrift erwähnten Fälle des Augenschwindels finden auf analoge Weise ihre Erledigung[1]).

Wenn wir uns bewegen, z. B. vorwärts schreiten oder uns drehen, so haben wir nicht nur eine Empfindung der jedesmaligen Lage unserer Körperteile, sondern auch noch die viel einfachere Empfindung einer Vorwärtsbewegung oder Drehung. In der Tat setzen wir die Vorstellung der Vorwärtsbewegung nicht aus den Vorstellungen der einzelnen Beinschwingungen zusammen, oder haben wenigstens nicht nötig, dies zu tun. Ja es gibt sogar Fälle, in welchen die Empfindung der Vorwärtsbewegung entschieden vorhanden ist, jene der Beinbewegung aber ebenso entschieden fehlt. Dies trifft z.B. bei einer Eisenbahnfahrt zu, auch schon bei dem Gedanken einer Reise, andeutungsweise bei der Erinnerung an einen fernen Ort u. s. w. Dies kann nur daran liegen, daß der Wille, sich vorwärts zu bewegen oder zu drehen, aus welchen die Extremitäten ihre motorischen Anregungen schöpfen, die ja durch besondere Innervationen noch modifiziert werden können, verhältnismäßig einfacher Natur ist. Es bestehen hier wohl ähnliche, wenn auch kompliziertere Verhältnisse, wie jene bei den Augenbewegungen, welche Hering so glücklich durchschaut hat, worauf wir alsbald zurückkommen.

Man wird kaum fehl gehen, wenn man annimmt, daß die vom Labyrinth aus erregten, verhältnismäßig einfachen Bewegungsempfindungen[2]) mit dem Willen, sich zu bewegen, im engsten Zusammenhange stehen. Diese Bewegungsempfindungen möchten auch den von Riehl[3]) postulierten, bezw. von ihm gesuchten Richtungsgefühlen entsprechen. Sie sind dem Blinden ebenso eigen wie dem Sehenden, und bilden wohl mit eine wichtige Grundlage des Verständnisses des Tastraums.

Ich habe eine Reihe von Beobachtungen über optische und Bewegungsempfindungen in den Ausdruck zusammengefaßt: „Es

---

1) Grundlinien der Lehre von den Bewegungsempfindungen. Leipzig, Engelmann, 1875, S. 83.

2) a. a. O. S. 124.

3) Riehl, Der philosophische Kritizismus, Bd. 2, S. 143.

sieht so aus, als ob der sichtbare Raum sich in einem zweiten Raum drehen würde, den man für unverrückt fest hält, obgleich letzteren nicht das mindeste Sichtbare kennzeichnet". Der auf die Bewegungsempfindungen aufgebaute Raum scheint in der Tat das Ursprüngliche zu sein[1]).

Befangen in physikalischer Denkweise, war ich geneigt zu glauben, daß die Empfindungen der Progressivbeschleunigung sich vollkommen analog verhalten den Empfindungen der Winkelbeschleunigung. In der Tat werden jedem Physiker, der sich mit unserem Gegenstand beschäftigt, sofort die drei Gleichungen für die drehende, und die drei Gleichungen für die fortschreitende Bewegung eines Körpers in den Sinn kommen. Außerdem glaubte ich, entsprechend dem Prinzip der spezifischen Energie, besondere Empfindungen der Kopflage vermuten zu dürfen. Breuer[2]) hat durch eine spätere Untersuchung wahrscheinlich gemacht, daß die Empfindungen der Progressivbeschleunigung sehr viel rascher verschwinden als jene der Winkelbeschleunigung, beziehungsweise daß vielleicht das Organ der ersteren, wenigstens beim Menschen, verkümmert ist. Ferner findet Breuer, außer den Bogengängen B, nur noch den Otolithenapparat O mit seinen den Bogengangebenen entsprechenden Gleitebenen geeignet, Progressivbeschleunigungen und Lagen zugleich zu signalisieren. Die drei Schwerekomponenten nach den drei Gleitebenen charakterisieren die Lage des Kopfes. Jede Änderung der Lage ändert diese Komponenten und setzt zugleich den Bogengangapparat momentan in Funktion. Progressivbeschleunigungen ändern diese Komponenten ebenfalls, ohne den Bogenapparat zu beanspruchen. Demnach würden nach Breuer die drei Kombinationen: O allein, O + B, und B allein für die Unterscheidung aller Fälle genügen. Diese Auffassung wäre also, wenn sie sich bewährt, eine bedeutende Vereinfachung.

Wäre ich überhaupt noch in der Lage zu experimentieren, so würde ich die Bewegungsempfindungen an sich nochmals

1) Bewegungsempfindungen S. 26.

2) Breuer, Über die Funktion des Otholithen-Apparates. Pflügers Archiv, Bd. XLVI, S. 195.

von Grund aus untersuchen. Der Unterschied in dem Verhalten der Empfindungen der Winkel- und Progressivbeschleunigungen scheint mir jetzt bedeutend. Die Drehbeschleunigung löst eine Empfindung aus, welche lange, nachdem die Beschleunigung Null geworden, in abnehmender, quantitativ[1]) zu verfolgender Stärke fortbesteht. Die Progressivbeschleunigung wird rein nur beim vertikalen beschleunigten Fallen oder Steigen empfunden. Verschwindet die Beschleunigung, so ist auch die Empfindung rasch vernichtet. Das einfachste Mittel, eine konstante Beschleunigung von konstanter Richtung gegen den Leib zu erzeugen, ist die gleichförmige Rotation. Wir empfinden die gleichförmige Drehung bald nicht mehr. Aber auch die konstante Zentrifugalbeschleunigung ruft nicht die Illusion des Fortfliegens nach deren Richtung, sondern die Empfindung einer geänderten Lage hervor, welche mit jener Zentrifugalbeschleunigung zugleich wieder verschwindet. Erschöpft sich also die konstante Progressivbeschleunigung als Reiz, oder ändert die Empfindung beim Konstantwerden des Reizes ihren Charakter? Dann müßten doch zwei Elemente in derselben vermutet werden.

Nicht die gleichförmige Bewegung, sondern lediglich die Beschleunigung wird empfunden. Den Elementen der Änderung der Progressiv- und Winkelgeschwindigkeit entsprechen Elemente der Bewegungsempfindungen, von welchen wenigstens die letzteren in langsam abnehmender Stärke persistieren, und übrigens so wie jene algebraisch summierbar sind, so daß einer (gewöhnlich von der Geschwindigkeit Null an) in kurzer Zeit eingeleiteten Bewegung eine der totalen Geschwindigkeitsänderung, also der erreichten Geschwindigkeit v, entsprechende Empfindung ϱ zugeordnet ist[2]). Die Menge der vorbeigeführten Gesichts- und Tasteindrücke wächst nun mit ϱ und mit der Zeit t. Es darf uns daher nicht wundern, daß die Erfahrung uns ϱ als eine Geschwindigkeit und $\varrho.t$ als einen Weg begrifflich interpretieren lehrt, wenngleich ϱ an sich natürlich mit einem räum-

1) Bewegungsempfindungen, S. 96, Versuch 2.
2) a. a. O. 116 u. fg.

lichen Maßbegriff gar nichts zu schaffen hat. Es scheint mir hiermit ein paradoxer Rest beseitigt, welcher mich noch 1875 in der Auffassung der Bewegungsempfindungen störte, und welcher, wie ich sehe, auch andere gestört hat[1]).

9.

Die folgenden Versuche und Überlegungen, welche an eine ältere Mitteilung anknüpfen[2]); werden vielleicht die richtige Auffassung dieser Erscheinungen fördern. Wir stellen uns auf eine Brücke und betrachten das unter derselben durchfließende Wasser. Dann empfinden wir gewöhnlich uns in Ruhe, das Wasser aber in Bewegung. Längeres Hinblicken auf das Wasser hat aber bekanntlich fast regelmäßig zur Folge, daß plötzlich die Brücke mit dem Beobachter und der ganzen Umgebung dem Wasser entgegen in Bewegung zu geraten scheint, während umgekehrt das Wasser den Anschein der Ruhe gewinnt[3]). Die relative Bewegung der Objekte ist in beiden Fällen dieselbe, und es muß demnach einen triftigen physiologischen Grund haben, warum bald der eine, bald der andere Teil der Objekte bewegt empfunden wird. Um dies bequem untersuchen zu können, habe ich mir einen einfachen Apparat konstruiert, der in Fig. 18 dargestellt ist. Ein einfach gemusterter Ledertuchlaufteppich wird horizontal über zwei 2 m lange, 3 m voneinander in Lagern befestigte Walzen gezogen und mit Hilfe einer Kurbel in gleichmäßige Bewegung gesetzt. Quer über den Teppich, etwa 30 cm über demselben, ist ein Faden *ff* mit einem Knoten *K* gespannt, der dem bei *A*

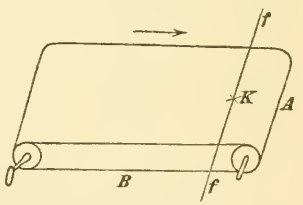


Fig. 18.

1) a. a. O. S. 122 (10).

2) a. a. O. S. 85.

3) Derartige Eindrücke erhält man bekanntlich in der mannigfaltigsten Form, wenn man sich zwischen mehreren teils bewegten, teils ruhenden Eisenbahnzügen befindet. — Als ich einmal auf der Elbe mittels Dampfschiffs einen Ausflug unternahm, hatte ich unmittelbar vor der Landung den überraschenden Eindruck, als ob das Schiff stünde, und die ganze Landschaft sich demselben entgegenbewegte, was nach den folgenden Auseinandersetzungen unschwer verständlich ist.

aufgestellten Beobachter als Ruhepunkt für das Auge dient. Folgt der Beobachter mit den Augen den Zeichnungen des im Sinne des Pfeiles bewegten Teppichs, so sieht er diesen in Bewegung, sich und die Umgebung aber ruhig. Fixiert er hingegen den Knoten, so glaubt er alsbald mit dem ganzen Zimmer, dem Pfeile entgegen, in Bewegung zu geraten, während er den Teppich für stillstehend hält. Dieser Wechsel des Anblicks vollzieht sich je nach der Stimmung in längerer oder kürzerer Zeit, gewöhnlich nach einigen Sekunden. Weiß man einmal, worauf es ankommt, so kann man ziemlich rasch und willkürlich mit den beiden Eindrücken wechseln. Jedes Verfolgen des Teppichs bringt den Beobachter zum Stehen, jedes Fixieren von *K* oder Nichtbeachten des Teppichs, wobei dessen Zeichnungen verschwimmen, setzt den Beobachter in Bewegung. Bezüglich des Ausfalls dieses Versuchs unter den angegebenen Umständen stimmen mir zwei von mir hochgeschätzte Forscher nicht zu. Der eine ist W. James[1]), der andere Crum Brown[2]). Ich habe den Versuch oft und oft immer mit dem gleichen Erfolge angestellt. Da ich gegenwärtig nicht in der Lage bin, zu experimentieren, muß ich auf eine neuerliche Prüfung verzichten, für welche sich die von Brown beschriebene Nachbildmethode empfehlen würde. Von den Differenzen in der theoretischen Auffassung des Versuches soll hier zunächst abgesehen werden.

10.

Die Erscheinung ist selbstredend gänzlich verschieden von der bekannten Plateau-Oppelschen, die eine lokale Netzhauterscheinung ist. Bei dem obigen Experiment bewegt sich die deutlich gesehene ganze Umgebung, bei dem letztern Phänomen zieht ein bewegter Schleier über das ruhige Objekt hin. Auch die nebenbei auftretenden stereoskopischen Erscheinungen, bei welchen z. B. der Faden mit dem Knoten unter dem sich als durchsichtig darstellenden Teppich erscheint, sind hier ganz gleichgiltig.

In meiner Schrift über „Bewegungsempfindungen“ S. 63 habe

1) W. James, Principles of Psychology, II, 512 ff.

2) Crum Brown, On normal Nystagmus. Vergl. S. 109 dieser Schrift.

ich konstatiert, daß den Plateau-Oppelschen Erscheinungen ein besonderer Prozeß zu grunde liegt, der mit den übrigen Bewegungsempfindungen nichts zu schaffen hat. Es heißt daselbst: „Dementsprechend werden wir daran denken müssen, daß mit der Bewegung eines Netzhautbildes ein besonderer Prozeß erregt wird, der in der Ruhe nicht vorhanden ist, und daß bei entgegengesetzten Bewegungen ganz ähnliche Prozesse in ähnlichen Organen erregt werden, welche sich aber gegenseitig in der Art ausschließen, daß mit dem Eintreten des einen der andere erlöschen muß, und mit der Erschöpfung des einen der andere eintritt. — Dies scheinen S. Exner und Vierordt übersehen zu haben, welche später ähnliche Ansichten über denselben Gegenstand ausgesprochen haben.

II.

Bevor wir an die Erklärung des Versuches (Fig. 18) gehen, wollen wir denselben noch variieren. Ein Beobachter, der sich bei *B* aufstellt, meint unter den angegebenen Umständen mit seiner ganzen Umgebung nach links zu fliegen. Wir bringen ferner über dem Teppich *TT*, Fig. 19, einen gegen den Horizont um 45° geneigten Spiegel *SS* an. Durch *SS* betrachten wir das Spiegelbild *T'T'*, nachdem wir auf die Nase noch einen Schirm *nn* gesetzt haben, welcher dem Auge *O* den direkten Anblick von *TT* entzieht. Bewegt sich *TT* im Sinne des Pfeiles, während wir das Spiegelbild *K'* von *K* fixieren, so glauben wir alsbald mit dem ganzen Zimmer zu versinken, bei umgekehrter Bewegung glauben wir hingegen wie in einem Luftballon zu steigen [1]). Endlich gehören hierher noch die Versuche mit der Papiertrommel, welche ich bereits beschrieben habe [2]), und auf die auch die nachfolgende

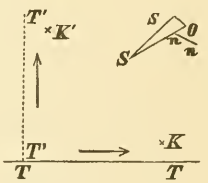


Fig. 19.

1) Derartige Erscheinungen treten oft ganz ungesucht auf. Als einmal im Winter bei Windstille und starkem Schneefall meine kleine Tochter am Fenster stand, rief sie plötzlich, sie steige mit dem ganzen Hause in die Höhe.

2) Bewegungsempfindungen, S. 85. — Neuere Versuche bei A. v. Szily, Bewegungsnachbild und Bewegungskontrast. Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorgane, 1905, Bd. 38, S. 81.

Erklärung anzuwenden ist. Alle diese Erscheinungen sind keine rein optischen, sondern sie sind von einer unverkennbaren Bewegungsempfindung des ganzen Leibes begleitet.

12.

Wie haben wir nun unsere Gedanken einzurichten, um in denselben die besprochenen Tatsachen in einfachster Weise darzustellen? Bewegte Objekte üben bekanntlich einen besonderen Bewegungsreiz auf das Auge aus, ziehen die Aufmerksamkeit und den Blick auf sich. Folgt ihnen der Blick wirklich, so müssen wir nach allem bisher Besprochenen annehmen, daß die Objekte bewegt erscheinen. Soll das Auge trotz der bewegten Objekte auf die Dauer ruhig bleiben, so muß der von denselben ausgehende konstante Bewegungsreiz durch einen konstanten, dem motorischen Apparat des Auges zufließenden Innervationsstrom kompensiert werden, ganz so, als wäre der ruhige fixierte Punkt gleichmäßig entgegengesetzt bewegt, und als wollte man demselben mit den Augen folgen. Tritt dies aber ein, so muß alles fixierte Unbewegte bewegt erscheinen. Daß dieser Innervationsstrom immer mit bewußter Absicht eingeleitet werde, wird kaum notwendig sein, wenn er nur von demselben Zentrum aus und auf denselben Wegen verläuft, von welchen das willkürliche Fixieren ausgeht.

Um die zuvor besprochenen Erscheinungen zu beobachten, bedarf es gar keiner besonderen Vorkehrungen. Wir sind vielmehr immer von denselben umgeben. Ich schreite durch einen einfachen Willensakt vorwärts. Meine Beine vollführen ihre Schwingungen, ohne daß ich mich besonders darum kümmere, und meine Augen sind fest auf das Ziel gerichtet, ohne sich von den durch das Ausschreiten bewegten Netzhautbildern ablenken zu lassen. Mit einem Willensakt ist alles dies eingeleitet, und dieser Willensakt selbst ist die Empfindung der Vorwärtsbewegung. Derselbe Prozeß, oder doch ein Teil desselben, wird auch auftreten müssen, sollen die Augen dem Reize einer Masse von bewegten Objekten dauernd

widerstehen. Daher die Bewegungsempfindung bei den obigen Versuchen.

Beobachten wir ein Kind auf einem Eisenbahnzuge, so folgen dessen Augen fast unausgesetzt in zuckender Bewegung den äußern Objekten, welche ihm zu laufen scheinen. Auch der Erwachsene hat die gleiche Empfindung, wenn er sich den Eindrücken zwanglos hingibt. Fahre ich voraus, so dreht sich, aus naheliegenden Gründen, der ganze Raum zu meiner Linken um eine sehr ferne vertikale Achse im Sinne des Uhrzeigers, der ganze Raum zu meiner Rechten ebenso umgekehrt. Erst wenn ich dem Verfolgen der Objekte widerstehe, tritt für mich die Empfindung der Vorwärtsbewegung auf.

13.

Meine Ansichten über Bewegungsempfindungen sind bekanntlich mehrfach angefochten worden, wobei allerdings die Polemik immer nur gegen die Hypothese gerichtet war, auf welche ich selber keinen besonderen Wert gelegt habe. Daß ich sehr gern bereit bin, meine Ansichten nach Maßgabe der bekannt gewordenen Tatsachen zu modifizieren, dafür mag eben die vorliegende Schrift den Beweis liefern. Ich will die Entscheidung darüber, wieweit ich das Richtige getroffen habe, mit Beruhigung der Zukunft überlassen. Andrerseits möchte ich nicht unbemerkt lassen, daß sich auch für die von mir, Breuer und Brown aufgestellte Ansicht günstige Beobachtungen ergeben haben. Hierher gehören zunächst die von Dr. Guye (in Amsterdam) gesammelten Erfahrungen (Du Vertige de Ménière. Rapport lu dans la section d'otologie du congrès périodique international de sciences médicales à Amsterdam, 1879). Guye beobachtete bei Erkrankungen des Mittelohres reflektorische Kopfdrehungen beim Einblasen von Luft in die Trommelhöhle und fand einen Patienten, der genau den Sinn und die Anzahl der Drehungen angeben konnte, welche er beim Einspritzen von Flüssigkeiten empfunden hatte. Professor Crum Brown, On a case of dyspeptic vertigo (Proceedings of the Royal Society of Edinburgh, 1881—82) beschreibt einen an

sich beobachteten interessanten Fall von pathologischem Schwindel, welcher sich in seiner Gesamtheit durch eine gesteigerte Intensität und verlängerte Dauer der jeder Drehung folgenden Empfindung erklären ließ. — Am merkwürdigsten sind aber die Beobachtungen von William James (The sense of dizzines in deafmutes. American Journal of Otology, Volume IV, Oktober 1882). James fand eine relative vorwiegende auffallende Unempfindlichkeit der Taubstummen gegen den Drehschwindel, häufig eine große Unsicherheit des Ganges derselben bei geschlossenen Augen, und in manchen Fällen eine überraschende Desorientierung beim Untertauchen unter Wasser, wobei Beängstigung und gänzliche Unsicherheit über das Oben und Unten eintrat. Diese Beobachtungen sprechen sehr dafür, daß bei den Taubstummen, wie es nach meiner Auffassung zu erwarten war, der eigentliche Gleichgewichtssinn sehr zurücktritt, und daß dieselben die beiden andern orientierenden Sinne, den Gesichtssinn und den Muskelsinn (welcher letztere beim Versinken im Wasser mit der Aufhebung des Körpergewichtes alle Anhaltspunkte verliert), desto nötiger haben.

Die Ansicht ist nicht haltbar, daß wir zur Kenntnis des Gleichgewichtes und der Bewegungen nur durch die Halbzirkelkanäle gelangen. Höchst wahrscheinlich haben vielmehr auch niedere Tiere, denen das entsprechende Organ ganz fehlt, Bewegungsempfindungen. Es war mir bisher nicht möglich, in dieser Richtung Versuche anzustellen. Die Versuche aber, welche Lubbock in seiner Schrift über „Ameisen, Bienen und Wespen“ (Leipzig, Brockhaus, 1885, S. 220) beschrieben hat, werden mir durch die Annahme von Bewegungsempfindungen viel verständlicher. Da möglicherweise andern derartige Versuche näher liegen, ist es vielleicht nicht unnütz, wenn ich einen Apparat bespreche, den ich (Anzeiger der Wiener Akademie, 30. Dezember 1876) schon kurz beschrieben habe. Andere Apparate dieser Art sind später von Govi und Ewald konstruiert worden. Man hat sie nachher Cyclostaten genannt. S.Z.11.

Der Apparat dient dazu, das Verhalten von Tieren bei rascher Rotation derselben zu beobachten. Da nun das Bild

durch die Rotation verwischt wird, so muß die passive Rotation optisch aufgehoben und ausgeschaltet werden, so daß die aktiven Bewegungen des Tieres allein übrig bleiben und beobachtbar werden. Man erreicht die optische Aufhebung der Rotation einfach dadurch, daß man über der Scheibe der Zentrifugalmaschine genau um dieselbe Achse mit Hilfe einer Zahnradübertragung ein Reflexionsprisma mit der halben Winkelgeschwindigkeit der Scheibe und in demselben Sinne rotieren läßt.

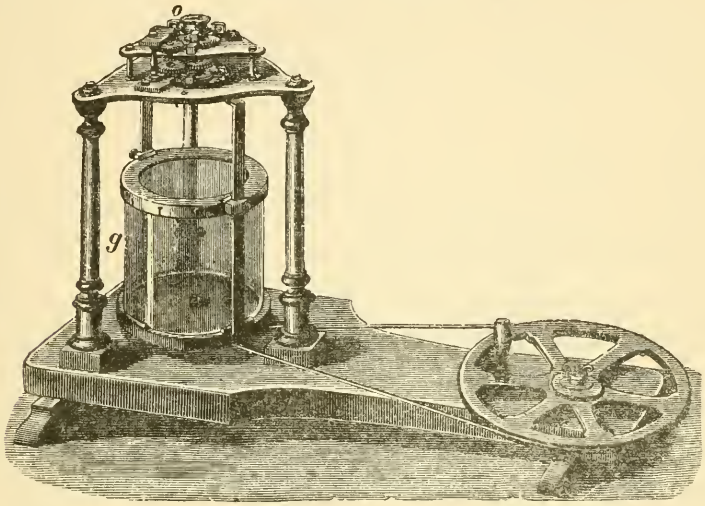


Fig. 20.

Die Figur 20 gibt eine Ansicht des Apparates. Auf der Scheibe der Zentrifugalmaschine befindet sich ein Glasbehälter *g*, in welchem die zu beobachtenden Tiere eingeschlossen werden. Durch eine Zahnradübertragung wird das Okular *o* mit der halben Winkelgeschwindigkeit und in demselben Sinne wie *g* gedreht. Nebenstehende Figur zeigt die Verzahnung in einer besondern Darstellung. Das Okular *O O* und der Behälter *gg* drehen

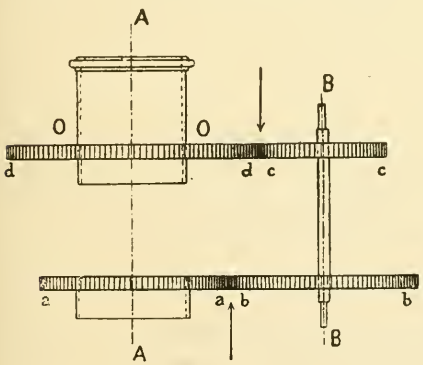


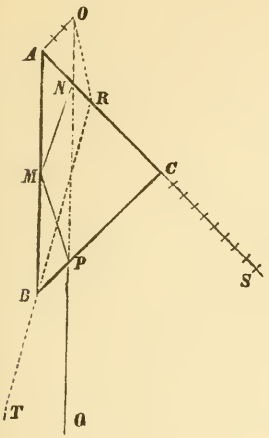
Fig. 21.

sich um die Achse AA, während ein Paar von Zahnrädern, die fest mit einander verbunden sind, sich um BB drehen. Der Radius des mit gg starr verbundenen Zahnrades aa sei $= r$, dann ist r jener von bb, $\frac{2r}{3}$, jener von cc, jener von dd aber $= \frac{4r}{3}$, womit das verlangte Geschwindigkeitsverhältnis von oo und gg erzielt ist.

Um den Apparat zu zentrieren, legt man auf die Bodenscheibe des Behälters einen mit Stellschrauben versehenen Spiegel S und justiert denselben so, daß beim Rotieren die Bilder in demselben ruhig bleiben. Dann steht er senkrecht auf der Rotationsachse des Apparates. Einen zweiten kleinen Spiegel S', dessen Belegung ein kleines Loch L enthält, bringt man an dem leeren Okularrohr mit der spiegelnden Fläche nach unten so an, daß bei der Rotation die Bilder unbewegt bleiben, die man durch das Loch hindurch in dem Spiegelbilde von S' in S sieht. Dann steht S' senkrecht auf der Okularachse. Nun bringt man, was nach einigen Versuchen leicht gelingt, mit Hilfe eines Pinsels auf dem Spiegel S einen Punkt P an, welcher beim Rotieren seine Lage nicht ändert, und stellt das Loch im Spiegel S so, daß es bei der Rotation ebenfalls an Ort und Stelle bleibt. Hierdurch sind Punkte der beiden Rotationsachsen gewonnen. Stellt man nun das Okular (mit Hilfe von Schrauben) so, daß man, durch das Loch in S hindurchsehend, den Punkt P auf S und das Spiegelbild von L in S' (oder eigentlich die vielen Spiegelbilder von P und L) in Deckung sieht, so sind die beiden Achsen nicht nur parallel, sondern sie fallen auch zusammen.

Als Okular könnte man in der einfachsten Weise einen Spiegel, dessen Ebene die Achse enthält, anwenden, und ich habe dies bei dem ersten Rudiment meines Apparates auch getan. Allein man verliert hierdurch die Hälfte des Gesichtsfeldes. Ein total reflektierendes Prisma ist deshalb viel vorteilhafter. In der Figur 22 stelle ABC einen ebenen Schnitt senkrecht zu der Hypothenusenfläche und den Kathetenflächen des total reflek-

tierenden Okularprismas vor. Dieser Schnitt enthalte zugleich die Rotationsachse *ONPQ*, welche parallel zu *AB* ist. Der Strahl, welcher nach der Achse *QP* fortgeht, muß nach der Brechung und Reflexion im Prisma wieder nach der Achse *NO* fortgehen und das (in der Achse befindliche) Auge *O* treffen. Wenn dies erfüllt ist, können die Punkte der Achse bei der Rotation keine Verschiebung erfahren und der Apparat ist zentriert. Der betreffende Strahl muß also den Mittelpunkt *M* von *AB* treffen und schneidet demnach, weil er unter dem Inzidenzwinkel von 45° auf Crownglas fällt, *AB* unter etwa 16° 40′. Hiernach muß *OP* um etwa 0.115. *AB* von der Achse abstehen, welches Verhältnis am besten empirisch hergestellt wird, indem man das Prisma im Okular so verschiebt, daß Schwankungen der Objekte in *gg* bei der Rotation wegfallen.



Figur 22.

Die Figur 22 macht zugleich das Gesichtsfeld für das Auge in *O* ersichtlich. Der Strahl *OA* (welcher eben senkrecht auf *AC* fällt) wird an *AB* nach *AC* reflektiert und geht nach *S*. Der Strahl *OR* hingegen wird bei *B* reflektiert und tritt gebrochen nach *T* aus.

Der Apparat erwies sich bei meinen bisherigen Versuchen in jeder Beziehung als ausreichend. Bringt man ein gedrucktes Blatt nach *gg*, und rotiert so rasch, daß dessen Bild ganz verwischt wird, so kann man die Schrift durch das Okular bequem lesen. Die Umkehrung wegen der Spiegelung könnte beseitigt werden, wenn man über dem rotierenden Okularprisma ein zweites festes Reflexionsprisma anbringen würde, welche Komplikation mir aber unnötig schien.

Bisher habe ich außer einigen physikalischen Versuchen nur Rotationsversuche mit verschiedenen kleinen Wirbeltieren (Vögeln, Fischen) angestellt, und meine (in der Schrift über „Bewegungs-

empfindungen") angegebenen Daten durchaus bestätigt gefunden. Es wäre aber wohl auch förderlich, wenn man mit Insekten und andern, namentlich niederen Tieren (Seetieren) ähnliche Versuche durchführen würde.

Seither sind solche Versuche, die sich als recht lehrreich erwiesen haben, von Schäfer (Naturwissenschaftliche Wochenschrift, No. 25, 1891), von Loeb (Heliotropismus der Tiere, Würzburg 1890, S. 117) u. a. ausgeführt worden. Was ich gegenwärtig sonst noch über den Orientierungssinn zu sagen hätte, findet sich in meinem Vortrag „Über Orientierungsempfindungen" (Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse in Wien, 1897, auch „Populärwissenschaftliche Vorlesungen, 3 Aufl., 1903). Insbesondere möchte ich aber hinweisen auf Breuers Untersuchungen über die Otolithenapparate, Pollaks und Kreidls Versuche an Taubstummen, Kreidls Experimente an Krebsen, vor allem aber auf das grundlegende Werk von Ewald „Über das Endorgan des Nervus octavus", Wiesbaden 1892. Im dritten Bande des „Handbuches der Physiologie des Menschen" 1905 von W. Nagel findet sich eine ausführliche Darstellung der Lehre von den „Lage-, Bewegungs- und Widerstandsempfindungen". Da ich nun seit Jahren nicht mehr in der Lage bin, die experimentellen Arbeiten auf diesem Gebiete genau zu verfolgen, habe ich Herrn Professor Dr. Josef Pollak gebeten, hier dasjenige aus den neuesten Arbeiten hervorzuheben, was für die Leser dieses Buches von Interesse sein möchte. Diesem Wunsche hat Professor Pollak in den nun folgenden Paragraphen 14—19 freundlichst entsprochen.

14.

Die Resultate der im Verlaufe der letzten 10 Jahre gemachten morphologischen, vergleichend- und experimentell-physiologischen Untersuchungen über das Ohrlabyrinth (Schnecke, Bogengang- und Otolithenapparat) sprechen fast ausnahmslos zu Gunsten der Mach-Breuerschen Hypothese.

Als erwiesen kann angenommen werden, daß als Gehörorgan einzig und allein die Schnecke anzusehen sei und daß der Vestibularapparat keinerlei akustische Funktionen hat. Einen vollgiltigen Beweis hiefür hat Biehl[1]) erbracht, dem es gelang, an Schafen durch intrakranielle Durchschneidung des Vestibularastes des Akustikusstammes mit Schonung des Ramus cochlearis, Gleichgewichtsstörungen bei erhaltenem Gehör zu beobachten.

Fest begründet und kaum anfechtbar ist auch jener Teil der Lehre von der statischen Funktion des Labyrinthes, welcher die Bogengänge als Sinnesorgane zur Wahrnehmung von Drehungen des Kopfes (und mittelbar des Körpers) betrachtet, insbesondere seitdem diese Hypothese durch Breuer[2]), auf Grundlage seiner anatomischen Studien über die Epithelhaare der Ampullen eine nicht unwesentliche Modifikation erfahren hat.

Sie lautet nun folgendermaßen:

„Gleichmäßig andauernde Drehungen werden, auch wenn sie noch so rasch sind, nicht empfunden; wohl aber Anfang und Ende, Beschleunigung und Verlangsamung der Drehung. Auf den Ampullarapparat wirken nicht dauernde Winkelgeschwindigkeiten, sondern nur positive und negative Winkelbeschleunigungen. Diese verursachen momentane Verlagerung des Endolymphringes und der Cupula terminalis (welche als konsistente Masse die Epithelhaare in einem konstanten formbeständigen Gebilde zusammenhält); damit die Spannung der Zellhaare und Erregung der Nervenendapparate auf einer Seite der betreffenden Crista. — Diese lösen, solange sie andauern, die Empfindung einer Rotation aus, welche anhält, bis der Gegenstoß der negativen Beschleunigung beim Stillstande der Drehung, oder die langsam wirkende Elastizität

---

1) Über die intrakranielle Durchtrennung des N. vestib. und deren Folgen von Karl Biehl. Sitzungsb. d. K. Akad. d. W. in Wien. 1900.

2) J. Breuer, Studien über den Vestibularapparat. Sitzungsber. d. K. Akad. d W. in Wien. Bd. CXII. 1903.

der gespannten Gebilde den normalen Zustand wieder hergestellt hat (Breuer[1]).

Das Bogengangsystem hat ferner, wie alle anderen Sinnesorgane, die Eigenschaft, außer den Empfindungen auch Reflexe auszulösen (Breuer, Delage, Nagel). Als reagierende Organe kommen in erster Linie die Augenmuskel in Betracht, die bei Körperdrehungen den Augen Drehungen erteilen.

15.

Daß aber progressiv beschleunigte Bewegung auf die in den Bogengängen eingeschlossene Lymphe keinen Einfluß ausüben könne, wie daß für die Perzeption dieser Beschleunigungen und für die Empfindung der Kopflage besondere Organe im Labyrinth existieren, hat Mach schon früher vermutungsweise ausgesprochen. — Breuer gelang es nun, zum mindesten das sehr wahrscheinlich zu machen, daß diese Funktion dem Otolithenapparate zukomme. Er nimmt an, daß die Otolithen durch ihre Schwere auf die unter ihnen befindlichen Haarzellen einen bestimmten Druck ausüben. Jede Kopfneigung muß die Lage der Säckchen und damit die der Sinnesepithelien ändern. Breuer zeigt, indem er die Lage der „Gleitrichtungen" der Otolithen bei verschiedenen Kopfstellungen bestimmt, daß erst durch das Zusammenwirken beider Säckchen eine eindeutige Angabe über die Kopfstellung möglich ist. „Es gibt für jede Lage des Kopfes nur eine bestimmte Kombination von Gravitationsgrößen der Otolithen in den 4 Maculis. Wenn, wie wir annehmen, die Gravitation der Otolithen empfunden wird, so ist jede Lage des Kopfes durch eine bestimmte Kombination dieser Empfindungen charakterisiert." — Bei der geradlinigen Beschleunigung wird jeder Bewegungsstoß vermöge der Trägheit der Otolithenmasse eine Relativbeschleunigung derselben in entgegengesetzter Richtung hervorrufen, die den adäquaten Sinnesreiz vorstellt.

Dieser Teil der Hypothese hat sich heuristisch sehr bewährt, da er die Grundlage für Untersuchungen an niederen Tieren ge-

1) l. c.

worden ist, bei welchen bloß Otolithen vorkommen, wie er auch bei höheren Tieren zu einer isolierten experimentellen Prüfung der Funktionen hingeleitet hat.

Aus der Fülle der in den letzten Jahren an niederen Tieren gefundenen Tatsachen will ich nur einige prägnante hervorheben. — Studiert wurden die Ausfallserscheinungen nach Entfernung der Otolithen, das Verhalten bei Rotationen und die kompensierenden Bewegungen. — Besonders interessant sind die Versuche von Prentiss[1]). Er wiederholte zunächst die berühmten Versuche Kreidls, häutende Krebse zu zwingen, sich „eiserne" Otolithen einzuführen, und bestätigte das der Theorie entsprechende Verhalten derselben gegen Magneten. Es ist ihm aber auch geglückt, Beobachtungen an freischwimmenden Larven von Hummern anzustellen, welchen die Möglichkeit genommen war, sich nach der Häutung die Otolithen zu bilden. Er konnte sich überzeugen, daß sie dieselben Phaenomene boten, wie ausgewachsene Palaemonen, welchen man die Otolithen entfernt hatte: sie rollen von einer Seite auf die andere, schwimmen mit der Bauchseite nach oben, lassen sich leichter als normale Larven in die Rückenlage bringen, und wenn man sie blendet, so ist der Verlust des Gleichgewichtes noch augenfälliger. — Derselbe Autor beschreibt auch das Verhalten eines de norma statozystenlosen Krebses, Virbius zostericula, folgendermaßen: „Er ist keine freischwimmende Form, sondern heftet sich in den von der Schwerkraft unabhängigen Positionen an Gräser an. Zwingt man ihn zum Schwimmen, so schwimmt er in sehr unsicherer Weise, jedoch meist mit dem Rücken nach oben. Man kann ihn leicht auf den Rücken umdrehen, aus welcher Lage er sich nur langsam aufzurichten vermag. Seine unsichere Art zu schwimmen erinnert an die anderer Crustaceen nach Statozystenzerstörung. Nach Schwärzung der Augen mit Lampenschwarz geht beim Schwimmen jede Orientierung verloren."

Prentiss Versuche erinnern an die K. L. Schaefers[2]),

1) The otocyst of Decapod Crustacea, its structure, development and functions. Bulletin of the Mus. of compar. Zool. at Harvard College. 1900/01. (Zitiert nach Kreidl.)

2) K. L. Schaefer, Funktion und Funktionsentwicklung der Bogengänge. Zeitschr. f. Psych. u. Phys. d. Sinnesorgane. 1894.

welcher bei Drehversuchen an Froschlarven fand, daß das erste Auftreten von Drehschwindel zeitlich mit der Vollendung der Bogengangbildung zusammenfällt.

Von Wichtigkeit sind die Untersuchungen Achs[1]) an Fröschen. Ach fand, daß die Otolithen mit dem Lidreflex der gekreuzten Seite in Verbindung stehen, und schließt nun aus der Tatsache, daß beim Frosche, dem die Otolithen entfernt wurden, der Lidreflex bei rascher Bewegung in der vertikalen sowie in der horizontalen verschwindet, die Otolithen als Sinnesorgane für geradlinige Verschiebungen des Körpers im Raum zu dienen haben.

16.

Schon lange bekannt und genügend analysiert sind hingegen die Raddrehung der Augen bei andauernden Lageveränderungen des Kopfes sowie die nystagmischen Bewegungen bei der Rotation und bei querer Durchleitung von galvanischen Strömen durch den Kopf. Die typischen Kopfbewegungen wie die zuckenden Augenbewegungen, welche sich bei fortgesetzter Drehung des Kopfes oder bei galvanischer Durchquerung desselben in regelmäßigen Intervallen wiederholen und die sich auch durch die geschlossenen Augenlider leicht hindurch fühlen lassen, sind sichere und objektive Zeichen von Schwindel. — Augen- und Kopfnystagmus fehlt bei Tieren ohne Labyrinth vollständig, wie Ewald an Tauben, und Breuer an Katzen, denen beiderseits die N. VIII. durchschnitten wurden, gezeigt haben. Breuer und Kreidl haben nachgewiesen, daß die Verdrehung der optischen Vertikale, welche eintritt, wenn man auf einem Karussell fährt oder auf der Eisenbahn eine Kurve mit starker Krümmung in genügender Geschwindigkeit passiert, auf einer realen Raddrehung der Augen beruht. Wir verdanken ferner Breuer (l. c.) den Nachweis, daß einzelne Ampullen auch, u. zw. isoliert, galvanisch gereizt werden können; sie lösen dann Kopfbewegung in der Ebene des betreffenden

1) Ach, Über die Otolithenfunktion und Labyrinthtonus. Pflüger's Arch., Bd. LXXXVI, 1900.

Kanals aus, während die Folge der diffusen Reizung die nach Breuer sog. galvanotropische Reaktion ist, bestehend in einer Neigung des Kopfes gegen die Anode hin.

Dies vorausgeschickt, lassen sich die von James[1]), Kreidl[2]) und Pollak[3]) an Taubstummen beobachteten Ausfallserscheinungen beim Dreh- resp. galvanischen Schwindel aus der Mach-Breuerschen Theorie ungezwungen erklären. Nach Mygind[4]) fanden sich bei 56 % von 118 anatomisch untersuchten Taubstummen pathologische Veränderungen des Vestibularapparates. 50—58 % der Kreidl'schen taubstummen Versuchspersonen bekamen keinen Drehschwindel, 21 % derselben, bei denen Kreidl die Bedingungen des Mach'schen Versuches mit Karussellbewegung einhielt, unterlagen nicht der bei Normalen unvermeidlichen Täuschung über die Orientierung zur Vertikalen; dieselben zeigten auch ausnahmslos beim Rotieren keine reflektorischen Augenbewegungen. Die geringere Prozentzahl erklärt sich daraus, daß nach Mygind's Statistik die Bogengänge häufiger erkrankt gefunden wurden, als das Vestibulum.

Pollak fand, daß 30 % der von ihm untersuchten Taubstummen den galvanischen Schwindel vermissen ließen und daß die meisten von jenen Taubstummen, welche auf der Drehscheibe und im Karussell keine Augenbewegungen und keine Täuschung über die Vertikale zeigen, auch die charakteristischen Äußerungen des galvanischen Schwindels nicht haben. Weitere Untersuchungen von Strehl, Kreidl und Alexander, Hammerschlag bestätigten diese Tatsache; die letzteren fanden überdies, daß bei Scheidung der Taubstummen in kongenitale Taubstumme und solche mit erworbener Taubheit die ersteren einen überaus hohen Prozentsatz, 84 % (K. u. A.), 95 % (H.) nomale galvanische Reaktion

1) James, Americ. Journ. of otology 1887.

2) A. Kreidl, Beiträge zur Physiologie des Ohrlabyrinths auf Grund von Versuchen bei Taubstummen. Pflügers Archiv, Bd. LI.

3) J. Pollak, Über den galvanischen Schwindel bei Taubstummen etc. Pflügers Archiv, Bd. LIV.

4) H. Mygind, Über die pathologisch-anatomischen Veränderungen der Gehörorgane Taubstummer. A. f. O., Bd. XXV.

zeigten, während nur 29 % der Versuchspersonen mit erworbener Taubstummheit gegenüber dem galvanischen Strome normal reagierten.

Die kongenitalen (hereditär-degenerativen) Taubstummen verhalten sich diesbezüglich so, wie die japanischen Tanzmäuse, deren physiologisches Verhalten im anatomischen Baue, wie Kreidl und Alexander[1]) zeigten, seine Erklärung findet.

Diese vollständig tauben Tiere zeigen einen breitspurigen, humpelnden Gang; bei oberflächlicher Betrachtung scheinen sie vollständiges Gleichgewichtsvermögen zu besitzen; veranlaßt man sie aber zu Gehversuchen auf einem schmalen Steg, stellt sich sofort ihr hochgradig defektes Balanziervermögen heraus. Sie haben keinen Drehschwindel, verhalten sich aber der galvanischen Durchströmung des Kopfes gegenüber wie normale Tiere. Die anatomische Untersuchung ergiebt: Destruktion der Papilla basilaris cochleae, hochgradige Verdünnung des Ram. inf. N. VIII, und hochgradiger Schwund des Ganglion spirale, Destruktion der Macula sacculi, mittelgradige Verdünnung der Äste und Wurzeln der Ram. sup. und med. N. VIII. und mittelgradige Verkleinerung beider Vestibularganglien.

17.

Von den neueren vergleichend-physiologischen Versuchen erscheinen mir die von Dreyfuß[2]) bemerkenswert. Er hat das Verhalten normaler und labyrinthloser (ein- und doppelseitig operierter) Meerschweinchen auf der Drehscheibe beobachtet, wobei er insbesondere die kompensierenden Bewegungen der Augäpfel und des Kopfes studierte. Er konstatiert einen auffallenden Unterschied im Verhalten des operierten gegenüber dem des gesunden Tieres bei der Drehung. Das doppelseitig labyrinthlose Tier bleibt bei der Drehung ruhig am Platze, zeigt keine Ver-

1) Alexander und Kreidl zur Physiologie des Labyrinthes der Tanzmaus. Pflüger's Arch. I, II, III, Bd. LXXXII, LXXXVIII.

2) Dreyfuß, Experim. Beiträge z. d. Lehre von der nichtakust. Funktion des Ohrlabyrinthes. Pflüger's Arch. Bd. LXXXI.

drehung der Wirbelsäulelängsachse und keinen Kopf- oder Augennystagmus. Die Drehung kommt ihm nicht zum Bewußtsein. Dies beweist der folgende, von Dreyfuss angestellte Freßversuch. Bringt man vier Meerschweinchen, und zwar ein normales, eines, dem das linke, eines, dem das rechte, und endlich eines, dem beide Labyrinthe zerstört worden sind, auf die Drehscheibe und wartet, bis alle zu fressen beginnen, so hört das normale Tier während der Rotation zu fressen auf, das rechtsseitig operierte frißt bei Rechtsdrehung weiter, hört bei Linksdrehung auf; das linksseitig operierte frißt bei Linksdrehung weiter und hört bei Rechtsdrehung auf; das beiderseitig labyrinthlose frißt bei jeder Drehungsrichtung. — Zu analogen Resultaten kamen Breuer und Kreidl bei vergleichenden Versuchen mit normalen und akustikuslosen Katzen.

18.

Morphologisch und vom teleologischen Standpunkte aus betrachtet, interessant ist die Arbeit Alexander's[1]) über das statische und das Gehörorgan von Tieren mit kongenital defektem Sehapparat: Maulwurf (Talpa europaea) und Blindmaus (Spalax typhlus).

Es ist wohl bekannt, daß der Vestibularapparat bei höheren Tieren und beim Menschen im Vergleiche zu niederen Tieren mangelhaft entwickelt ist. Wir finden bei allen Tieren, die sich in der Luft oder im Wasser zu bewegen vermögen, drei statolithentragende Nervenendstellen; bei den höheren Säugetieren nur zwei Auch haben Mach und Breuer mit Bezug auf die letzteren wiederholt hervorgehoben, „daß sie durchaus nicht meinen, das Labyrinth liefere die für Gleichgewichtserhaltung nötigen Empfindungen allein, sondern es wirke hierbei mit dem Druck- und Muskelgefühl, wie mit dem Gesichtssinn zusammen. Es wurde nie geleugnet und ist ja ganz sicher, daß Mangel oder Verlust der Labyrinthempfindungen durch die anderen genannten Sinneswahrnehmungen größtenteils ersetzt

1) G. Alexander, Zur Frage der phylogenetischen Ausbildung der Sinnesorgane. Zeitschr. f. Psych. u. Phys. der Sinnesorgane. Bd. XXXVIII.

wird, so daß — wie vor allem Ewald gezeigt hat — die gröberen Funktionen der Gleichgewichtserhaltung, das Gehen und Stehen trotz Verlust oder bei angeborenem Mangel der Labyrinthfunktion in genügender Weise ausgeübt werden. Das sehen wir, wie an operierten Tieren, auch an jenen Taubstummen, bei denen wir mit Grund eine Schädigung des Bogengangsystems annehmen" (Breuer). — Allerdings haben James und Kreidl gezeigt, daß jene Taubstummen, die keinen Drehschwindel bekommen, in allen feineren Aufgaben der Balanzierung sehr ungeschickt sind.

Im Gegensatze hierzu zeigt uns nun Alexander, daß beim Maulwurfe, der sich zwar auf fester Grundlage, jedoch zumeist unterirdisch bewegt und außerdem ziemlich vollständig der Orientierung durch das Sehorgan entbehrt, diese reichlich kompensiert wird durch eine ausgezeichnete Aequilibrierung. Diese ist anatomisch ausgedrückt durch die besondere Größe der Nervenendzellen, der relativen Zunahme der Anzahl der Sinneszellen, und insbesondere durch das Vorhandensein einer Macula neglecta im Sinus utricular inferior, die den übrigen Säugetieren fehlt, und, von den Vögeln und Reptilien abgesehen, nur an einem anderen niederen Säuger — Echidna aculeata — gefunden worden ist. —

Es ist ein Verdienst Alexander's, nachgewiesen zu haben, daß Echidna. was den Bau ihrer statischen Nervenendzellen betrifft, den bisher nicht bekannten Übergang von Säugern zu Vögeln herstellt. Die Echidna besitzt ein Cortisches Organ, das im histologischen Bau mit dem der Säuger übereinstimmt, in der Anzahl der übrigen Nervenendstellen deckt sie sich aber mit dem Vogellabyrinth, sie zeigt neben drei makularen Nervenendstellen (Macula utriculi, Macula sacculi und Macula lagenae) eine Macula neglecta Retzii. —

19.

Resumiere ich die Resultate der nur in kleiner Auswahl gebrachten Untersuchungen: Die jede Kopfbewegungen für das Gesichtsfeld kompensierenden Augenbewegungen, welche auch bei geschlossenen Augen und von Blinden ausgeführt werden, ihr Fehlen

bei vielen Taubstummen und der Augennystagmus bei fortgesetzter Drehung; die Raddrehung der Augen, wenn durch die Zentrifugalkraft die Richtung der Massenbeschleunigung im Körper abgeändert wird; der Drehschwindel und sein Gesetz, sein Fehlen bei vielen Taubstummen, endlich der galvanische Schwindel, der sich beim Menschen ebenso verhält, wie bei Tieren, — so ergeben sich hieraus genügende Beweise für die Mach-Breuer'sche Theorie, wenn auch nicht in Abrede gestellt werden kann, daß noch manche Frage der Lösung harrt. Gegenüber den anderen Hypothesen (Ewald, Cyon) hat sie jedenfalls den Vorzug, daß durch dieselbe die spezifische Disposition für den adaequaten Reiz bei keinem Sinnesorgan so klar verständlich wird, wie bei den Ampullen- und Otolithenapparaten, und daß sich die beiden Sinnesorgane im Labyrinth auch dem Prinzip der spezifischen Sinnesenergien gut einfügen (Nagel). Jedenfalls erweist sich die Bewegungsempfindung als ein durchaus eigenartiges Empfindungsgebiet.

20.

So weit das Referat von Professor Pollak.

Ohne den Tatsachen Gewalt anzutun, welche in meiner Schrift über Bewegungsempfindungen beschrieben sind, legen die oben besprochenen Beobachtungen die Möglichkeit nahe, die Auffassung dieser Tatsachen zu modifizieren, wie wir dies im Folgenden andeuten wollen. Es bleibt höchst wahrscheinlich, daß ein Organ im Kopfe existiert, wir wollen es das Endorgan (*EO*) nennen, welches auf Beschleunigungen reagiert, und durch dessen Vermittlung wir zur Kenntnis von Bewegungen gelangen. Mir selbst erscheint die Existenz von Bewegungsempfindungen von der Natur der Sinnesempfindungen nicht zweifelhaft und ich kann kaum verstehn, wie jemand, der die fraglichen Versuche an sich selbst wirklich wiederholt hat, diese Empfindungen leugnen kann. Statt sich aber vorzustellen, daß das Endorgan besondere Bewegungsempfindungen erregt, welche von diesem Apparat wie von einem Sinnesorgan ausgehen, könnte man auch annehmen,

daß dasselbe lediglich reflektorisch Innervationen auslöst. Innervationen können willkürlich und bewußt oder unwillkürlich und unbewußt sein. Die beiden verschiedenen Organe, von welchen sie ausgehen, bezeichnen wir mit *WI* und *UI*. Beide können auf den okulomotorischen (*OM*) und den lokomotorischen Apparat (*LM*) übergehen.

Betrachten wir nun das nebenstehende Schema. Wir leiten im Sinne des glatten Pfeiles willkürlich, also von *WI* aus, eine aktive Bewegung ein, welche sich im Sinne der glatten Pfeile auf *OM* und *LM* überträgt. Die zugehörige Innervation, deren Antezedenz oder Konsequenz empfinden wir unmittelbar. Eine besondere hiervon verschiedene Bewegungsempfindung wäre also in diesem Falle unnötig. Ist nun die Bewegung im Sinne des glatten Pfeiles eine (uns überraschende) passive, so gehen erfahrungsgemäß von *EO* über *UI* Reflexe aus, welche kompensierende Bewegungen hervorbringen, was wir durch die gefiederten Pfeile andeuten. Beteiligt sich *WI* nicht, und gelingt die Kompensation, so fällt hiermit auch die Bewegung und die Forderung einer Bewegungsempfindung weg. Wird aber die kompensierende Bewegung von *WI* aus (absichtlich) unterdrückt, so ist hierzu wieder dieselbe Innervation, wie bei der aktiven Bewegung nötig, und sie liefert auch wieder die gleiche Bewegungsempfindung.

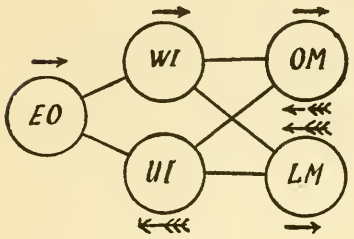


Fig. 23.

Das Organ *EO* ist also zu *WI* und *UI* so gestimmt, daß in den beiden letzteren mit demselben Bewegungsreiz des ersteren entgegengesetzte Innervationen zusammentreffen. Außerdem haben wir aber noch folgende Verschiedenheit in der Beziehung von *EO* zu *WI* und *UI* zu bemerken. Für *EO* ist der Bewegungsreiz natürlich derselbe, ob die eingeleitete Bewegung eine passive oder aktive ist. Auch bei einer aktiven Bewegung würden die von *WI* ausgehenden Innervationen in ihrem Erfolg durch *EO* und

UI aufgehoben, wenn nicht zugleich von *WI* mit der willkürlichen Innervation eine Hemmung nach *EO* oder *UI* ausginge. Den Einfluß von *EO* auf *WI* haben wir uns viel schwächer vorzustellen, als jenen auf *UI*. Denken wir uns etwa drei Tiere *WI*, *UI* und *EO*, welche die Arbeit so geteilt hätten, daß das erste nur Angriffs-, das zweite nur Abwehr- oder Fluchtbewegungen ausführte, während das dritte als Wächter aufgestellt wäre, mit einander zu einem neuen Wesen verbunden, wobei *WI* eine dominierende Stellung einnähme, so würde dies ungefähr dem dargestellten Verhältnis entsprechen Es wird sich auch manches zu gunsten einer derartigen Auffassung der höheren Tiere anführen lassen [1]).

Ich will das eben Ausgesprochene nicht für ein vollständiges und nach allen Seiten zutreffendes Bild der Tatsachen ausgeben, bin mir vielmehr der Mängel meiner Ausführung bewußt. Das dem entwickelten Hauptgrundsatz (S. 51) entsprechende Streben aber, alle Raum- und Bewegungsempfindungen, welche im Gebiete des Gesichts- und Tastsinnes, bei der Ortsbewegung, als Schatten selbst bei der Erinnerung an die Lokomotion, beim Gedanken an einen fernen Ort u. s. w. auftreten, auf einerlei Empfindungsqualität zurückzuführen, wird man gerechtfertigt finden. Die Annahme, daß diese Empfindungsqualität der Wille sei, soweit er sich auf Raumlage und räumliche Bewegung bezieht, oder die Innervation, präjudiziert der weiteren Forschung nicht, und stellt nur die Tatsachen dar, soweit sie bis jetzt bekannt sind [2]).

---

1) Wenn ich einen kleinen Vogel mit der Hand anfassen will, so benimmt er sich dieser Hand gegenüber gerade so, wie sich etwa ein Mensch gegen einen riesigen Tintenfisch verhalten würde. — Bei Betrachtung einer Gesellschaft kleiner Kinder, deren Bewegungen noch wenig überlegt und geübt sind, machen namentlich die Hände und die Augen sehr stark den Eindruck polypenartiger Wesen. Selbstverständlich können solche Eindrücke keine wissenschaftliche Frage entscheiden, es kann aber sehr anregend sein, sich denselben zeitweilig hinzugeben.

2) Vergl. die Ansicht von Hering in Hermann's Handbuch der Physiologie, Bd. 3, 1. T., S. 547. — Ich will den Weg, der mich zu meiner Auffassung geführt hat, nicht verbergen, wenn mir auch jetzt die von James, Münsterberg und Hering vertretene, in Kapitel VIII dargelegte Ansicht die bessere scheint.

21.

Aus den Erörterungen des vorigen Kapitels über Symmetrie und Ähnlichkeit können wir ohne weiteres den Schluß ziehen, daß gleichen Richtungen gesehener Linien gleichartige Innervationen, zur Medianebene symmetrischen Linien sehr ähnliche Innervationen, dem Blick nach oben und unten, in die Ferne und in die Nähe aber sehr verschiedene Innervationen entsprechen, was nach den Symmetrieverhältnissen des motorischen Apparates der Augen größtenteils auch von vornherein zu erwarten ist. Hiermit allein ist schon eine ganze Reihe eigentümlicher physiologisch-optischer Phänomene aufgeklärt, die bisher kaum beachtet worden sind. Ich komme nun aber zu dem, nach physikalischer Schätzung wenigstens, wichtigsten Punkt.

Der Raum des Geometers ist ein Vorstellungsgebilde von dreifacher Mannigfaltigkeit, welches sich auf Grundlage von manuellen und intellektuellen Operationen entwickelt hat. Der optische Raum (Herings Sehraum) steht in einer ziemlich komplizierten geometrischen Verwandtschaft zu dem vorigen. Man kann mit Hilfe bekannter Ausdrücke die Sache noch am besten darstellen, wenn man sagt, daß der optische Raum den geometrischen (Euklidischen) in einer Art Reliefperspektive abbilde, was sich teleologisch auch erklären läßt. Jedenfalls ist aber auch der optische Raum eine dreifache Mannigfaltigkeit. Der Raum des Geometers zeigt in jedem Punkte und nach allen Richtungen dieselben Eigenschaften, was vom physiologischen Raum durchaus nicht gilt. Der Einfluß des physiologischen Raumes ist aber in der Geometrie noch vielfach zu bemerken. Wenn wir z. B. konvexe und konkave Krümmung unterscheiden, so ist dies ein solcher Fall. Der Geometer sollte eigentlich nur die Abweichung vom Mittel der Ordinaten kennen.

22.

So lange man sich vorstellt, daß die (12) Augenmuskel einzeln innerviert werden, ist man nicht imstande, die fundamentale Tatsache zu verstehen, daß der optische Raum als dreifache

Mannigfaltigkeit sich darstellt. Ich habe diese Schwierigkeit jahrelang gefühlt und auch die Richtung erkannt, in welcher nach dem Prinzip des Parallelismus des Physischen und Psychischen die Aufklärung zu suchen ist; die Auflösung selbst blieb mir wegen mangelhafter Erfahrung auf diesem Gebiete verborgen. Desto besser weiß ich Herings Verdienst zu schätzen, der dieselbe gefunden hat. Den drei optischen Raumkoordinaten, Höhen, Breiten- und Tiefenempfindung (Hering, Beiträge zur Physiologie. Leipzig, Engelmann, 1861—65) entspricht nämlich nach den Ausführungen desselben Forschers (Die Lehre vom binokularen Sehen. Leipzig, Engelmann, 1868) auch nur eine dreifache Innervation, welche beziehungsweise Rechts- oder Linkswendung, Erhebung oder Senkung und Konvergenz der Augen hervorruft. Darin liegt für mich die wichtigste und wesentlichste Aufklärung[1]). Ob man nun die Innervation selbst für die Raumempfindung hält, oder sich vor oder hinter derselben erst die Raumempfindung vorstellt, was sofort zu entscheiden weder leicht noch notwendig sein dürfte, jedenfalls wirft die Heringsche Darlegung ein ausgiebiges Licht in die psychische Tiefe des Sehprozesses. Auch die in bezug auf Symmetrie und Ähnlichkeit von mir angeführten Erscheinungen fügen sich dieser Auffassung sehr gut, was weiter darzulegen wohl unnötig ist[2]).

---

1) Dies ist der Punkt, auf welchen oben (S. 101 Anmerkung 1 und S. 114) hingewiesen wurde.

2) Hiermit verschwindet auch die Schwierigkeit, die ich noch 1871 empfand, und in meinem Vortrag über „die Symmetrie", Prag, Calve, 1872, mit den Worten aussprach: „Wenn nun auch von Geburt Einäugige ein gewisses Gefühl für Symmetrie haben, so ist dies freilich ein Rätsel. Freilich kann das Symmetriegefühl, wenn auch zunächst durch die Augen erworben, nicht auf diese beschränkt bleiben. Es muß sich wohl auch noch in andern Teilen des Organismus durch mehrtausendjährige Übung des Menschengeschlechtes festsetzen und kann dann nicht mit dem Verlust des einen Auges sofort wieder verschwinden." (Abgedruckt in: Populär-wissenschaftliche Vorlesungen, 3. Aufl., S. 109.) — In der Tat bleibt der symmetrische Innervationsapparat, auch wenn das eine Auge verloren geht.

VIII. Der Wille.

1.

Im Vorigen wurde vielfach der Ausdruck „Wille" gebraucht und es sollte damit nur ein allgemein bekanntes psychisches Phänomen bezeichnet werden. Ich verstehe unter dem Willen kein besonderes psychisches oder metaphysisches Agens, und nehme keine eigene psychische Kausalität an. Ich bin vielmehr mit der überwiegenden Zahl der Physiologen und modernen Psychologen überzeugt, daß die Willenserscheinungen aus den organisch-physischen Kräften allein, wie wir kurz, aber allgemein verständlich sagen wollen, begreiflich sein müssen. Ich würde dies als selbstverständlich gar nicht besonders betonen, wenn nicht die Bemerkungen mancher Kritiker bewiesen hätten, daß es doch nötig ist.

Die Bewegungen niederer Tiere, nicht minder die ersten Bewegungen der Neugeborenen, werden unmittelbar durch den Reiz ausgelöst, erfolgen ganz maschinenmäßig, sind Reflexbewegungen. Auch in spätern Lebensstadien der höhern Tiere fehlen solche Reflexbewegungen nicht, und wenn wir Gelegenheit haben, dieselben, etwa die Sehnenreflexe, an uns zum erstenmal zu beobachten, so sind wir von denselben nicht minder überrascht, als von irgend einem unerwarteten Ereignis in unserer Umgebung. Das beschriebene Verhalten des jungen Sperlings beruht auf Reflexbewegungen. Das junge Hühnchen pickt ganz maschinenmäßig nach allem, was es sieht, so wie das Kind nach allem Auffallenden greift, und andererseits die Glieder vor jeder unangenehmen Berührung ohne Mitwirkung des Intellekts zurück-

zieht. Es bestehen eben organische Einrichtungen, welche die Erhaltung des Organismus bedingen. Folgen wir den Ansichten von Hering über die lebendige Substanz, wonach diese dem Gleichgewicht der antagonistischen Vorgänge in derselben zustrebt, so müssen wir eine solche Erhaltungstendenz (oder tatsächliche Stabilität) schon den Elementen der Organismen zuschreiben.

Sinnliche Reize können durch Erinnerungsbilder teilweise oder ganz vertreten werden. Alle im Nervensystem zurückbleibenden Gedächtnisspuren wirken mit den Sinnesempfindungen reflexauslösend, fördernd, hemmend, modifizierend zusammen. So entsteht die willkürliche Bewegung, welche wir als eine durch Erinnerungen modifizierte Reflexbewegung, wenigstens im Prinzip, begreifen können, soviel auch an dem Verständnis im Einzelnen noch fehlen mag. Das Kind, welches sich einmal an der glänzenden Flamme gebrannt hat, ergreift dieselbe nicht mehr, weil der Angriffsreflex durch den antagonistischen Fluchtreflex, welchen die Schmerzerinnerung auslöst, gehemmt ist. Das Hühnchen pickt anfangs nach allem, wählt aber bald unter dem Einflusse der teils hemmenden, teils fördernden Geschmackserinnerung. Der allmähliche Übergang der Reflexbewegung in die Willkürhandlung ist an unserm Sperling (S. 62) sehr schön zu verfolgen. Für das reflektierende Subjekt liegt das Charakteristische der Willkürhandlung zum Unterschiede von der Reflexbewegung darin, daß es das Bestimmende derselben in den eigenen Vorstellungen erkennt, welche diese Handlung antizipieren (S. 82).

2.

Die psychischen Vorgänge, welche die Willkürhandlung, die willkürliche Bewegung begleiten, sind von W. James[1]) und H. Münsterberg[2]) vortrefflich analysiert worden. Es scheint eine einfache und natürliche Ansicht, daß die wirkliche Bewegung an die vorgestellte sich ebenso assoziiert, wie eine Vorstellung

1) James, Principles of Psychology, II, 486 ff.
2) Münsterberg, Die Willenshandlung, 1888.

an die andere. Bezüglich der Empfindungen aber, der Art, des Ausmaßes, der Anstrengung der Bewegung, welche mit Ausführung der Bewegung verbunden sind, stehen sich zwei Ansichten gegenüber. Die eine, von Bain, Wundt, Helmholtz u. a. vertretene, nimmt an, daß die auf die Muskel abgehende Innervation selbst empfunden wird. Anderer Meinung sind James und Münsterberg. Sie halten alle kinästhetischen, die Bewegung begleitenden Empfindungen für peripherisch durch sensible Elemente in der Haut, dem Muskel, den Gelenken erregt.

Gegen den zentralen Ursprung der kinästhetischen Empfindungen sprechen vor allem die Beobachtungen an Anästhetischen[1]), welche bei Ausschluß der Sinnesempfindungen über die passive Bewegung ihrer Glieder nichts auszusagen wissen, obgleich sie dieselben unter Leitung des Gesichtssinnes zu bewegen vermögen. Die Anstrengung eines faradisierten Muskels empfinden wir gerade so, wie jene eines willkürlich innervierten[2]). Die Annahme besonderer Innervationsempfindungen ist zur Erklärung der Erscheinungen unnötig, daher nach dem Prinzip der Sparsamkeit zu vermeiden. Endlich werden solche Innervationsempfindungen auch nicht direkt beobachtet. Eine besondere Schwierigkeit bilden gewisse optische Erscheinungen, auf die wir noch zurückkommen.

Das Gesetz der Assoziation verbindet nicht nur ins Bewußtsein fallende Prozesse (Vorstellungen), sondern auch die verschiedenartigsten organischen Vorgänge. Wer in der Verlegenheit leicht errötet, wer leicht an den Händen schwitzt usw., beobachtet diese Prozesse meist sofort an sich, sobald er an dieselben erinnert wird. Ein Blendungsbild, welches sich Newton[3]) zum Zwecke des Studiums durch Blicken in die Sonne verschafft hatte, verschwand zwar wieder, trat aber trotz mehrtägigen

---

1) James, a. a. O. II, 489.

2) James, a. a. O. II, 502.

3) Kings Life of Locke, 1830, Vol. I, p. 404. — Brewster, Memoirs of Newton, 1855, Vol. I, p. 236.

Aufenthalts im Dunkeln durch mehrere Monate hindurch immer wieder mit voller sinnlicher Intensität hervor, sobald er sich desselben erinnerte. Nur durch lange fortgesetzte gewaltsame psychische Ablenkung konnte er die lästige Erscheinung wieder los werden. Eine ähnliche Beobachtung teilt Boyle in seinem Buch über die Farben mit. Zusammengehalten mit diesen Tatsachen, erscheint die Assoziation motorischer Prozesse an Vorstellungen nicht befremdlich.

3.

Durch einen apoplektischen Anfall (1898), den ich ohne die geringste Bewußtseinstrübung erlitten habe, bin ich mit einem Teil der hier in Betracht kommenden Tatsachen vertraut geworden. Auf einer Eisenbahnfahrt merkte ich plötzlich, ohne sonstiges Übelbefinden, eine vollständige Lähmung des rechten Armes und Beines, welche intermittierte, so daß ich mich zeitweilig anscheinend wieder ganz normal bewegen konnte. Nach einigen Stunden blieb dieselbe dauernd, und es gesellte sich auch eine Affektion des rechten Fazialis hinzu, welche mir nur leises und etwas erschwertes Sprechen gestattete. Meinen Zustand während der Perioden der vollständigen Lähmung kann ich nur so bezeichnen, daß ich sage: ich fühlte keine Anstrengung bei der Absicht, die Glieder zu bewegen, konnte aber in keiner Weise den Willen zur Bewegung aufbringen. In den Phasen der unvollständigen Lähmung und in der Zeit der Rekonvaleszenz hingegen schienen mir Arm und Bein ungeheuere Lasten, die ich mit der größten Anstrengung erhob. Es scheint mir sehr plausibel, daß dies von der energischen Innervation anderer Muskelgruppen neben jenen der gelähmten Extremitäten herrührte[1]). Die Sensibilität der gelähmten Glieder mit Ausnahme einer Stelle am Schenkel, war vollständig erhalten, wodurch auch die Kenntnis der Lage und der passiven Bewegung vermittelt wurde. Die Reflexerregbarkeit der gelähmten Glieder fand ich enorm gesteigert, was sich namentlich durch heftiges Zucken beim leichtesten Erschrecken äußerte.

1) James, a. a. O. II, 503.

Die optischen und haptischen Bewegungsbilder verblieben im Gedächtnis. Sehr oft des Tages beabsichtigte ich, mit der rechten Hand etwas zu verrichten, und mußte mich erst auf die Unmöglichkeit, dies zu tun, besinnen. Lebhafte Träume von Klavierspielen und Schreiben, begleitet von Verwunderung, wie gut das wieder von statten gehe, und gefolgt von bitterer Enttäuschung beim Erwachen, sind auf dieselbe Quelle zurückzuführen. Auch motorische Halluzinationen kamen vor. Ich meinte oft ein Öffnen und Schließen der gelähmten Hand zu empfinden, wobei die Exkursionen wie durch einen weiten, aber steifen Handschuh eingeschränkt schienen. Daraufsehen überzeugte mich aber, daß jede Spur von Bewegung fehlte. Über die Beuger habe ich eine sehr geringe, über die Strecker dieser Hand habe ich aber gar keine Herrschaft mehr gewonnen.

Da die Sensibilität der Hand erhalten ist, die willkürliche Bewegung aber fehlt, weiß ich mir die Bewegungstäuschung auch nach der neuen Theorie nicht recht zu erklären. Die Muskel, welche dem Einfluß des Willens entzogen sind, reagieren nun auf die verschiedensten Reize, so daß die Hand sich bald streckt, bald ballt. Qualitativ verschiedene stärkere Geschmacksreize scheinen ungleich auf verschiedene Muskel meiner gelähmten Hand zu wirken. Bitterwasser erregt z. B. unwillkürliche Beugungsspannung des Daumens und der beiden benachbarten Finger.

4.

Die Auffassung von James und Münsterberg schließt sich diesen Tatsachen, wie ich glaube, ohne Zwang an, und wir dürfen sie daher im wesentlichen für richtig halten. Nicht die Innervation wird empfunden, sondern die Folgen derselben setzen neue peripherische sensible Reize, welche an die Ausführung der Bewegung gebunden sind. Einige Schwierigkeiten hindern mich jedoch zu glauben, daß mit dieser Ansicht, welche ursprünglich auch die meinige[1]) war, der Sachverhalt vollständig durchschaut ist.

1) Bevor mir die Erscheinungen bei Lähmung der Augenmuskel bekannt waren (vor 1863).

Man sollte meinen, daß der zentrale Prozeß, welcher die bloße Vorstellung einer Bewegung bedingt, doch in etwas sich von demjenigen unterscheiden müßte, der auch eine wirkliche Bewegung auslöst. Allerdings kann die Stärke des Prozesses, das Fehlen antagonistischer Vorgänge, die Ladung der Innervationszentren mitbestimmend sein, doch wird man ein Bedürfnis nach weiterer Aufklärung kaum in Abrede stellen. Insbesondere muß der Unterschied im Verhalten der Augenmuskel und der übrigen willkürlich erregbaren Muskel näher untersucht werden. Die meisten Muskel haben variable Arbeiten zu verrichten, deren Betrag ungefähr zu kennen für uns von praktischer Wichtigkeit ist. Die Arbeit der Augenmuskel ist im Gegenteil nur gering und immer genau an die Änderung der Stellung der Augen gebunden, welche letztere allein von optischer Bedeutung ist, während die Arbeit als solche gleichgültig ist. Daher mögen die kinästhetischen Empfindungen bei den Muskeln der Extremitäten eine so viel größere Rolle spielen.

5.

Von wie geringer Bedeutung die von den Augenmuskeln ausgehenden Empfindungen sind, hat Hering[1]) gezeigt. Gewöhnlich achten wir kaum auf die Bewegungen unserer Augen, und die Lage der Objekte im Raume bleibt von dieser Bewegung unbeeinflußt. Stellt man sich zwei mit den beweglichen Netzhäuten sich deckende Kugelflächen vor, welche im Raume fest bleiben, während sich die Netzhäute drehen, so könnte man bei flüchtiger Überlegung sogar glauben, daß die Raumwerte der gesehenen Objekte nur durch die beiden Abbildungsorte auf den festen Kugeln bestimmt seien. Die S. 105 erwähnten Tatsachen nötigen aber, diese Raumwerte in zwei Komponenten zu zerlegen, deren eine von den Koordinaten des Bildpunktes auf der Netzhaut, deren andere von den Koordinaten des Blickpunktes ab-

1) Hering in Hermanns Handbuch der Physiologie, III, 1, 547. Vgl. auch Hillebrand, Verhältnis der Akkommodation und Konvergenz zur Tiefenlokalisation. Zeitschr. f. Psych. u. Phys. d. Sinnesorgane, VII, S. 97 fg.

hängt, und welche Komponenten bei willkürlichen Änderungen des Blickpunktes sich gegenseitig kompensierende Änderungen erfahren[1]). Wenn man nun eine Empfindung der Innervation nicht annimmt, den peripherisch erregten kinästhetischen Empfindungen der Augenmuskel aber die Bedeutung abspricht, so bleibt allerdings nur übrig (mit Hering) den Ort der Aufmerksamkeit als durch einen bestimmten psychophysischen Prozeß bedingt anzusehen, der zugleich das physische Moment ist, welches die entsprechende Innervation der Augenmuskel auslöst[2]). Dieser Prozeß ist aber doch ein zentraler, und die „Aufmerksamkeit" von dem „Willen zu sehen", doch kaum verschieden. Somit könnte ich meinen Ausdruck S. 107 im wesentlichen doch festhalten, denn welcher von der Reihe der vom Zentrum aus erregten und ablaufenden Prozesse in die Empfindung eingeht, kann für manche Frage zunächst dahingestellt bleiben.

6.

In der S. 136 versuchten Erklärung könnte man nach dem Obigen die beiden antagonistischen Innervationen durch zwei antagonistische Aufmerksamkeitsprozesse ersetzen, einen durch den sensiblen Reiz und einen zentral erregten. Der von James[3]) vorgebrachten Erklärung der Erscheinungen bei Augenmuskellähmungen, welche wenigstens in der Form in das bedenkliche Fahrwasser der „unbewußten Schlüsse" einzulenken scheint, könnte ich nicht zustimmen. Es handelt sich in dem fraglichen Fall wohl um Empfindungen und nicht um die Ergebnisse der Überlegung.

Die Augenmuskel dienen nur der räumlichen Orientierung, die Muskel der Glieder vorzugsweise der mechanischen Arbeit.

---

1) Vgl. S. 94; Hering, a. a. O. 533, 534. — Ob die Ansicht, daß die Änderung der Raumwerte sofort mit dem Wechsel der Aufmerksamkeit vollzogen ist, mit der Seite 107 erwähnten Tatsache in Einklang gebracht werden kann, vermag ich jetzt nicht zu entscheiden.

2) Hering, a. a. O. 547, 548.

3) James, a. a. O. II, 506.

Es liegen also hier zwei extreme Fälle vor, zwischen welchen es auch Mittelfälle geben wird. Sieht man das neugeborene Hühnchen mit voller Sicherheit picken und treffen, so kann man wohl glauben, daß dessen Kopf- und Halsmuskel sich einigermaßen ähnlich wie die Augenmuskel, als räumlicher Orientierungsapparat, verhalten. Die zuckenden Kopfbewegungen vorwärtsschreitender Vögel werden wohl wie die nystagmischen Kopfwendungen bei Drehung im Interesse der Orientierung ausgeführt. Ganz ohne Analogie zu den Augenmuskeln werden auch die Muskel der Extremitäten nicht sein. Wie sollten wir sonst die haptische Raumvorstellung des Blinden verstehen? Es ist doch schwer, eine nativistische Theorie des Sehraumes mit einer empiristischen Theorie des Tastraumes zu vereinigen[1]). S.Z. 12.

1) Vgl. S. 111, Anm. 2 u. S. 114.

IX. Eine biologisch-teleologische Betrachtung über den Raum [1]).

1.

Es ist schon wiederholt darauf hingewiesen worden, wie sehr sich das System unserer Raumempfindungen, der physiologische Raum, wenn wir so sagen dürfen, von dem geometrischen Raum (wir meinen hier den Euklidischen Raum) unterscheidet. Dies gilt nicht nur für den Sehraum, sondern auch für den haptischen Raum des Blinden im Vergleich zum geometrischen Raum. Der geometrische Raum ist überall und nach allen Richtungen gleich beschaffen, unbegrenzt und unendlich (im Riemannschen Sinne). Der Sehraum ist begrenzt und endlich, ja sogar, wie der Anblick des abgeplatteten „Himmelsgewölbes" lehrt, in verschiedener Richtung von ungleicher Ausdehnung. Durch das Schrumpfen der Körper bei Entfernung, durch das Schwellen bei Annäherung derselben gleicht der Sehraum viel mehr manchen Gebilden der Metageometer als dem Euklidischen Raum. Die Verschiedenheit des „oben" und „unten", des „vorn" und „hinten", genau genommen auch des „rechts" und „links",

1) Dieser Gegenstand kann hier nicht ausführlich erörtert werden. Ich verweise auf meine Artikel in „The Monist" von welchen der erste im April 1901, der zweite im Juli 1902, der dritte im Oktober 1903 erschienen ist. — Die hier angedeuteten physiologischen Betrachtungen sind zum Teil mit jenen Wlassaks verwandt, welche er am Schluß seines schönen Referates „über die statischen Funktionen des Ohrlabyrinthes" (Vierteljahrsschrift für wissenschaftliche Philosophie XVII, 1, S. 28) mitteilt, nur nehme ich nicht eine, sondern zwei Reaktionen auf die betreffenden Reize an. Vgl. auch die oben zitierten Stellen von Hering und James, Psychology II, S. 134 u. f. — Vgl. auch Erkenntnis und Irrtum, 1905, S. 331—414. 426—440.

teilt der haptische Raum mit dem Sehraum. Solche Unterschiede fehlen im geometrischen Raum. Der physiologische Raum verhält sich zum geometrischen für den Menschen und die Tiere von ähnlichem Bau ungefähr wie ein triklines zu einem tesseralen Medium. Dies gilt für Menschen und Tiere, solange diesen nicht die Freiheit der Bewegung und der Orientierung zukommt. Mit der Beweglichkeit nähert sich der physiologische Raum dem Euklidischen, ohne ihn jedoch in der Einfachheit seiner Eigenschaften vollständig zu erreichen. Mit dem geometrischen Raum hat der physiologische gemein die dreifache Mannigfaltigkeit und die Kontinuität. Der stetigen Bewegung des Punktes A im geometrischen Raum entspricht eine ebensolche des Punktes A im physiologischen Raum. Es genügt auf die Schwierigkeit hinzuweisen, welche die Lehre von den Antipoden zu überwinden hatte, um zu zeigen, daß geometrische Raumvorstellungen durch physiologische getrübt werden können. Auch unsere abstrakteste Geometrie bedient sich nicht rein metrischer Begriffe, sondern verwendet noch physiologische Vorstellungen, wie Richtung, Sinn, rechts, links usw.

Um Physiologisches und Geometrisches reinlich zu sondern, haben wir zu bedenken, daß unsere Raumempfindungen bestimmt sind durch die Abhängigkeit der Elemente, die wir ABC... genannt haben, von Elementen unseres Leibes KLM..., daß aber die geometrischen Begriffe sich ergeben durch räumliche Vergleichung der Körper, durch die Beziehungen der ABC ... untereinander.

2.

Betrachten wir die Raumempfindungen nicht als isolierte Erscheinungen, sondern in ihrem biologischen Zusammenhang, in ihrer biologischen Funktion, so werden dieselben, teleologisch wenigstens, verständlicher. Sobald ein Organ oder ein System von Organen gereizt wird, treten reflektorisch, als Reaktion, im allgemeinen zweckmäßige Bewegungen ein, welche je nach der Art des Reizes Abwehr- oder Angriffsbewegungen sein können.

Einem Frosch mögen z. B. nacheinander verschiedene Hautstellen durch Säuretropfen gereizt werden. Er wird auf jede Reizung mit einer spezifischen, der gereizten Stelle entsprechenden, Abwehrbewegung antworten. Reizung der Netzhautstellen lösen den ebenso spezifizierten Schnappreflex aus. Das heißt: Auf verschiedenen Wegen in den Organismus eintretende Veränderungen pflanzen sich auch nach außen wieder auf verschiedenen Wegen in die Umgebung des Tieres fort. Sollen nun derartige Reaktionen bei komplizierteren Lebensbedingungen auch spontan, d. h. auf einen leisen Anstoß hin, durch Erinnerung eintreten, und durch Erinnerungen modifizierbar sein, so müssen Spuren, welche der Art des Reizes und den gereizten Organen entsprechen, im Gedächtnis zurückbleiben. Wie die Selbstbeobachtung lehrt, erkennen wir nicht nur die Gleichheit der Reizqualität des Brennens, welche Stelle auch davon betroffen sei, sondern unterscheiden zugleich auch die gereizten Stellen. Wir dürfen also annehmen, daß der qualitativ gleichen Empfindung ein differenter Bestandteil anhaftet, der von der spezifischen Natur des gereizten Elementarorgans, von der gereizten Stelle, oder mit Hering zu reden, von dem Ort der Aufmerksamkeit abhängt. So gewinnt also jedes Sinnesgebiet sein eigenes Gedächtnis mit seiner eigenen räumlichen Ordnung. Die intime gegenseitige biologische Anpassung einer Vielheit von zusammenhängenden Elementarorganen kommt eben in der Raumwahrnehmung besonders deutlich zum Ausdruck.

3.

Wir nehmen bloß eine Art von Bewußtseinselementen an: Empfindungen. Sofern wir räumlich wahrnehmen, beruht dies nach unserer Auffassung auf Empfindungen. Welcher Art diese Empfindungen sind, und welche Organe hierbei tätig werden, müssen wir dahingestellt sein lassen. Wir denken uns ein System von Elementarorganen gemeinsamer embryologischer Abstammung natürlich so angeordnet, daß die benachbarten Elemente die größte ontogenetische Verwandtschaft aufweisen, daß

diese aber mit deren Entfernung abnimmt. Die von der Individualität des Organs allein abhängige Organempfindung, welche dem Verwandtschaftsgrade parallel variiert, soll der Raumempfindung entsprechen, von welcher wir die von der Reizqualität abhängige Empfindung als Sinnesempfindung unterscheiden. Organempfindungen und Sinnesempfindungen können nur miteinander auftreten[1]). Die sich gleichbleibenden Organempfindungen bilden aber den variierenden Sinnesempfindungen gegenüber bald ein festes Register, in welches letztere eingeordnet werden. Wir machen hier über die Elementarorgane nur ähnliche Voraussetzungen, wie wir sie in bezug auf getrennte Individuen gleicher Abstammung, aber verschiedenen Grades der Verwandtschaft, natürlich finden würden.

4.

Die Raumwahrnehmung ist aus dem biologischen Bedürfnis hervorgegangen, und wird auch aus diesem am besten zu verstehen sein. Ein unendliches System von Raumempfindungen wäre für den Organismus nicht nur zwecklos, sondern auch physikalisch und physiologisch unmöglich. Wertlos wären auch gegen den Leib nicht orientierte Raumempfindungen. Vorteilhaft ist auch, daß der Sehraum für nähere, biologisch wichtigere Objekte die Empfindungsindices stärker abstuft, während dafür in bezug auf fernere, weniger wichtige Objekte mit dem begrenzten Vorrat der Indices gespart wird. Auch ist dies Verhältnis das einzig physikalisch mögliche.

Die motorische Organisation des Sehapparates wird durch folgende Überlegung verständlich. Die größere Deutlichkeit, feinere Unterscheidung an einer Netzhautstelle des Wirbeltierauges ist eine ökonomische Einrichtung. Hiermit ist eine dem Wechsel der Aufmerksamkeit folgende Bewegung der Augen ebenso als vorteilhaft, wie ein (irreführender) Einfluß der willkürlichen Augenbewegung auf die von ruhenden Objekten

1) So werden auch die inneren Organe erst dann empfunden und lokalisiert, wenn deren Gleichgewichtszustand überhaupt gestört wird.

ausgelöste Raumempfindung als nachteilig erkannt. Die Bildverschiebung auf der ruhenden Netzhaut, die Objektbewegung bei ruhendem Blick zu erkennen, ist jedoch eine biologische Notwendigkeit. Unnötig war es nur für den Organismus, die Wahrnehmung der Ruhe des Objektes auch in dem sehr seltenen Fall zu sichern, daß das Auge durch einen bewußtseinsfremden Umstand (eine äußere mechanische Kraft, Muskelzucken) bewegt wird. Die obigen Forderungen sind nur zu vereinigen, indem bei willkürlicher Augenbewegung die derselben entsprechende Bildverschiebung auf der Netzhaut in bezug auf den Raumwert durch die willkürliche Bewegung eben kompensiert wird. Hieraus folgt aber, daß bei festgehaltenem Auge die ruhenden Objekte durch die bloße Bewegungsintention des Auges eine Verschiebung im Sehraum erfahren müssen. Durch das betreffende Experiment (S. 106) ist auch die zweite der beiden sich kompensierenden Komponenten direkt nachgewiesen. Auf diesen organischen Einrichtungen beruht es, daß wir unter besonderen Umständen mit ruhendem Auge ruhende Objekte bewegt, mit fließenden Raumwerten sehen, daß wir bewegte Körper sehen, die doch ihre relative Lage gegen unsern Leib nicht ändern, die sich weder entfernen noch nähern. Was aber unter diesen besondern Umständen paradox erscheint, hat unter den gewöhnlichen, der spontanen Lokomotion, seine hohe biologische Wichtigkeit.

Die Verhältnisse des haptischen Raumes sind, von gewissen Eigentümlichkeiten abgesehen, ganz ähnliche wie jene des Sehraums. Der Tastsinn ist kein Fernsinn, womit das perspektivische Schrumpfen und Schwellen der Tastobjekte entfällt. Sonst aber begegnen wir hier verwandten Erscheinungen. Der Macula lutea entsprechen die Fingerspitzen. Wir wissen es ganz wohl zu unterscheiden, ob wir mit den Fingerspitzen über ein ruhendes Objekt hinstreichen, oder ob sich ein Objekt über die ruhenden Fingerspitzen hinbewegt. Auch die analogen paradoxen Erscheinungen bei Drehschwindel treten hier ein. Sie waren schon Purkinje bekannt.

5.

Allgemein biologische Erwägungen drängen zu einer homogenen Auffassung des optischen und haptischen Raumes. Ein neugeborenes Hühnchen bemerkt ein kleines Objekt und blickt und pickt sofort nach demselben. Durch den Reiz wird ein gewisses Gebiet des Sinnesorgans und des Zentralorgans erregt, wodurch ganz automatisch sowohl die Blickbewegung der Augenmuskel als auch die Pickwegung der Kopf- und Halsmuskel ausgelöst wird. Die Erregung desselben Nervengebietes, das einerseits durch den geometrischen Ort des physikalischen Reizes bestimmt ist, muß andererseits als die Grundlage der Raumempfindung angesehen werden. Ähnlich wie jenes Hühnchen verhält sich auch ein Kind, das einen glänzenden Gegenstand bemerkt, nach demselben blickt und greift. Außer den optischen Reizen können auch andere Reize, akustische, thermische, Geruchsreize, selbstverständlich auch bei Blinden, Greif- oder Abwehrbewegungen auslösen. Denselben Bewegungen werden auch dieselben Reizstellen und dieselben Raumempfindungen entsprechen. Die den Blinden erregenden Reize sind nur im allgemeinen auf einen engeren Umkreis beschränkt und von weniger scharfer Ortsbestimmung. Daher wird auch das System seiner Raumempfindungen etwas dürftiger und verschwommener sein, und bei Mangel besonderer Erziehung auch bleiben. Man denke etwa an einen Blinden, der eine ihn umschwirrende Wespe abwehrt.

Es müssen, wenn auch naheliegende, doch zum Teil verschiedene Gebiete des Zentralorgans in Anspruch genommen werden, je nachdem mich ein Objekt reizt, demselben den Blick zuzuwenden, oder dasselbe zu ergreifen. Geschieht beides zugleich, so ist das Gebiet natürlich größer. Aus biologischen Gründen werden wir erwarten, daß die zwar verwandten, wenn auch nicht identischen, Raumempfindungen verschiedener Sinnesgebiete durch das Band der eingeleiteten erhaltungsgemäßen Bewegungen assoziativ verschmelzen und sich gegenseitig unterstützen, wie es in der Tat der Fall ist.

Hiermit ist das Gebiet der Erscheinungen, welche uns angehen, nicht erschöpft. Ein Hühnchen kann nach einem Objekt blicken, nach demselben picken, oder durch den Reiz sogar bestimmt werden, sich hinzuwenden, hinzulaufen. Ein Kind, das nach einem Ziel kriecht, das dann eines Tages aufsteht und mit einigen Schritten auf das Ziel zuläuft, verhält sich ebenso. Wir werden alle diese Fälle, welche allmählich in einander übergehen, in homogener Weise auffassen müssen. Es werden wohl immer gewisse Hirnteile sein, welche, in verhältnismäßig einfacher Weise gereizt, einerseits die Raumempfindungen bestimmen, andererseits die zuweilen recht komplizierten automatischen Bewegungen auslösen. Optische, thermische, akustische, chemische galvanische Reize können zu ausgiebiger Lokomotion und Änderung der Orientierung anregen, und diese kann auch bei Tieren, die von Haus aus oder durch Rückbildung blind sind, eingeleitet werden.

6.

Wenn man einen gleichförmig dahin kriechenden Tausendfuß (Julus) beobachtet, kann man sich des Gedankens nicht erwehren, daß von irgend einem Organ desselben ein gleichmäßiger Reizstrom ausgeht, der von den Bewegungsorganen der aufeinander folgenden Leibessegmente mit rhythmischen automatischen Bewegungen beantwortet wird. Durch den Phasenunterschied der hinteren Segmente gegen die vorderen entsteht die Longitudinalwelle, welche mit maschinenmäßiger Regelmäßigkeit durch die Füßchen des Tieres dahinzuziehen scheint. Analoge Vorgänge bei höher organisierten Tieren können nicht fehlen, und fehlen auch nicht. Wir weisen nur auf die Erscheinungen bei Labyrinthreizungen hin, z. B. auf die bekannten nystagmischen Augenbewegungen, welche bei aktiver und passiver Drehung ausgelöst werden. Gibt es nun Organe, wie bei jenem Tausendfuß, durch deren einfache Reizung die komplizierten Bewegungen einer bestimmten Art von Lokomotion eingeleitet werden, so kann man diese einfache Reizung, falls sie bewußt ist, als den Willen

zu dieser Lokomotion ansehen, oder als die Aufmerksamkeit auf diese Lokomotion, welche von selbst letztere nach sich zieht. Zugleich erkennt man es als ein Bedürfnis des Organismus, den Effekt der Lokomotion in entsprechend einfacher Weise zu empfinden. In der Tat erscheinen jetzt die Gesichts- und Tastobjekte mit variierenden, fließenden Raumwerten, anstatt mit stabilen. Auch bei möglichstem Ausschluß von Gesichts- und Tastempfindungen bleiben Beschleunigungsempfindungen übrig, welche Bilder variierender Raumwerte, mit welchen sie oft verknüpft waren, assoziativ hervorrufen. Zwischen dem Anfangs- und Endglied des Prozesses liegen die Empfindungen der bewegten Extremitäten, die aber gewöhnlich nur bei Eintritt eines Hindernisses, welches zu Modifikation der Bewegung nötigt, zu vollem Bewußtsein kommen.

Während der als Ganzes unbewegte Mensch nur begrenzte, örtlich individuelle, und in bezug auf seinen Leib orientierte Raumempfindungen kennt, haben die bei Lokomotion und Änderung der Orientierung auftretenden Sensationen den Charakter der Gleichmäßigkeit und Unerschöpflichkeit. Erst auf Grund aller dieser Erfahrungen kann eine Raumvorstellung sich bilden, die der Euklidischen sich nähert. Abgesehen davon, daß die erstere nur Übereinstimmungen und Verschiedenheiten, keine Größen, keine metrischen Bestimmungen kennt, wird die absolute Gleichförmigkeit der letzteren wegen der Hindernisse, die sich einer dauernden und ausgiebigen Desorientierung gegen die Vertikale in den Weg stellen, nicht vollkommen erreicht.

7.

Für den tierischen Organismus sind zunächst die Beziehungen der Teile des eigenen Leibes zu einander von der höchsten Wichtigkeit. Fremdes erhält nur dadurch Wert, daß es zu Leibesteilen in Beziehung steht. Der niedrigsten Organisation genügen die Empfindungen, darunter die Raumempfindungen, zur Anpassung an die primitiven Lebensbedingungen. Werden aber diese Lebensbedingungen komplizierter, so drängen sie zur

Entwicklung des Intellekts. Dann gewinnen die Beziehungen jener Funktionalkomplexe von Elementen (Empfindungen) zu einander, die wir Körper nennen, ein indirektes Interesse. Der räumlichen Vergleichung der Körper untereinander entspringt die Geometrie.

Förderlich für das Verständnis der Entwicklung der Geometrie ist die Bemerkung, daß sich das unmittelbare Interesse nicht an die räumlichen Eigenschaften allein, sondern an den ganzen beständigen Komplex von (materiellen) Eigenschaften knüpft, welcher für die Bedürfnisbefriedigung von Wichtigkeit ist. Formen, Lagen, Entfernungen, Ausdehnungen der Körper sind aber maßgebend für den Modus und die Quantität der Bedürfnisbefriedigung. Die bloße Wahrnehmung (Schätzung, Augenmaß, Erinnerung) erweist sich als zu sehr beeinflußt von schwer kontrollierbaren physiologischen Umständen, um darauf zu bauen, wenn es sich um das genaue Urteil über das räumliche Verhalten der Körper gegen einander handelt. Wir sind daher genötigt, nach zuverläßigern Merkmalen an den Körpern selbst zu suchen.

Die tägliche Erfahrung lehrt uns die Beständigkeit der Körper kennen. Unter gewöhnlichen Umständen erstreckt sich diese Beständigkeit auch auf einzelne Eigenschaften: Farbe, Gestalt, Ausdehnung usw. Wir lernen starre Körper kennen, die trotz ihrer Beweglichkeit im Raume, sobald sie nur zu unserem Leib in ein bestimmtes Verhältnis gebracht werden, beim Beschauen und Betasten immer wieder dieselben Raumempfindungen auslösen. Diese Körper bieten räumliche Substanzialität[1]) dar, sie bleiben räumlich konstant, identisch. Kann man einen starren Körper A mit einem andern starren Körper B, oder mit dessen Teilen, unmittelbar oder mittelbar zur räumlichen Deckung bringen, so bleibt dies Verhältnis immer und überall bestehen.

---

1) Diese Einsicht war gewiß ein Privatbesitz unzähliger Geometer. In der ganzen Anlage der Geometrie Euklids tritt sie deutlich hervor, noch klarer bei Leibniz, besonders in dessen „geometrischer Charakteristik". Doch hat erst Helmholtz eine öffentliche Diskussion darüber angeregt.

Man sagt dann, der Körper B werde durch den Körper A gemessen. Bei dieser Vergleichung der Körper mit einander kommt es auf die Art der Raumempfindungen gar nicht mehr an, sondern nur mehr auf die Beurteilung ihrer Identität unter gleichen Umständen, die mit großer Genauigkeit und Sicherheit stattfindet. In der Tat verschwinden die Schwankungen in den Ergebnissen der Messung gegen jene der unmittelbaren räumlichen Beurteilung neben oder nacheinander dargebotener Körper, worin eben der Vorzug und die rationelle Begründung dieses Verfahrens liegt. Statt der individuellen Hände und Füße, die jeder mit sich herumführt, ohne eine merkliche räumliche Änderung an denselben wahrzunehmen, wird bald ein allgemein zugänglicher Maßstab gewählt, welcher die Bedingung der Unveränderlichkeit in höherem Maße erfüllt, womit eine Ära größerer Genauigkeit eingeleitet ist.

8.

Alle geometrischen Aufgaben kommen auf Auszählung zu ermittelnder Räume durch gleiche bekannte Körper hinaus. Hohlmaße für Flüssigkeiten oder für eine Menge nahe gleicher dichtliegender Körper dürften wohl die ältesten Maße sein. Das Volumen der Körper (die Menge der materiell erfüllten Orte), welches beim Erblicken und Ergreifen bekannter Körper instinktiv vorgestellt wird, kommt als Quantität der materiellen bedürfnisbefriedigenden Eigenschaften in Betracht, und bildet als solches ein Streitobjekt. Die Messung der Fläche hat ursprünglich auch keinen andern Sinn, als die Ermittlung der Menge gleicher dichtliegender Körper, welche dieselbe bedecken. Die Längenmessung, Auszählung durch gleiche Schnur- oder Kettenteile, bestimmt ein Minimalvolumen, welches in einzigartiger Weise zwischen zwei Punkten (sehr kleinen Körpern) eingeschaltet werden kann. Sieht man hiebei von einer oder zwei Dimensionen der Maßkörper ab, beziehungsweise setzt man dieselben überall konstant, aber beliebig klein, so gelangt man zu den idealisierten Vorstellungen der Geometrie.

9.

Die Raumanschauung wird durch das Experiment mit körperlichen Objekten bereichert, indem sich an dieselbe metrische Erfahrungen knüpfen, welche die Raumanschauung für sich allein nicht zu gewinnen vermag. So lernen wir metrische Eigenschaften längst bekannter Formen, wie der Geraden, der Ebene, des Kreises u. s. w. kennen. Die Erfahrung hat auch, nach dem Zeugnis der Geschichte, zuerst zur Kenntnis gewisser geometrischer Sätze geführt und gezeigt, daß durch gewisse Maße eines Objektes andere Maße desselben Objektes mitbestimmt sind. Die wissenschaftliche Geometrie stellte sich die ökonomische Aufgabe, die Abhängigkeit der Maße von einander zu ermitteln, überflüssige Messungen zu ersparen, und die einfachsten geometrischen Tatsachen aufzusuchen, durch welche die andern als deren logische Folgen gegeben sind. Da wir in Gedanken nicht die Natur, sondern nur unsere eigenen einfachen logischen Gebilde beherrschen, so mußten zu diesem Zwecke die geometrischen Grunderfahrungen begrifflich idealisiert werden. Nun steht nichts im Wege, in der anschaulichen Vorstellung vorschreitend, welche man an jene idealisierten Erfahrungen gebunden denkt, im Gedankenexperiment, geometrische Sätze wiederzufinden. Man verhält sich da durchaus analog, wie in jeder Naturwissenschaft. Die Grunderfahrungen der Geometrie reduzieren sich nur auf ein solches Minimum, daß man sie nur allzu leicht übersieht. Man stellt sich Körper über Schatten oder Gespenster von Körpern hinbewegt vor, und hält hiebei in Gedanken fest, daß hiebei die Abmessungen, wenn man sie ausführen würde, sich nicht ändern. Die physischen Körper entsprechen den Folgerungen soweit, als sie den Voraussetzungen genügen.

Anschauung, physikalische Erfahrung und begriffliche Idealisierung sind also die drei Momente, welche in der wissenschaftlichen Geometrie zusammenwirken. Die Über- oder Unterschätzung des einen oder anderen Momentes hat die weit divergierenden

Ansichten verschiedener Forscher über die Natur der Geometrie veranlaßt. Nur die genaue Sonderung des Anteiles eines jeden dieser Momente beim Aufbau der Geometrie kann eine richtige Auffassung begründen. Unsere im Interesse der raschen Lokomotion erworbene anatomisch-motorisch-symmetrische Organisation bewirkt z. B., daß die Anschauung uns die beiden Hälften eines räumlichen symmetrischen Gebildes als äquivalent erscheinen läßt, was sie in physikalisch-geometrischer Hinsicht keineswegs sind, da sie nicht zur Kongruenz gebracht werden können. Physikalisch sind sie so wenig äquivalent, als eine Bewegung der entgegengesetzten, eine Rotation der gegensinnigen äquivalent ist. Kants darauf bezügliche Paradoxen rühren von einer ungenügenden Trennung der in Betracht kommenden Momente her. S.Z.13.

X. Beziehungen der Gesichtsempfindungen zu einander und zu andern psychischen Elementen.

1.

Die Gesichtsempfindungen treten im normalen psychischen Leben nicht isoliert auf, sondern mit den Empfindungen anderer Sinne verknüpft. Wir sehen nicht optische Bilder in einem optischen Raum, sondern wir nehmen die uns umgebenden Körper mit ihren mannigfaltigen sinnlichen Eigenschaften wahr. Erst die absichtliche Analyse löst aus diesen Komplexen die Gesichtsempfindungen heraus. Allein auch die Wahrnehmungen insgesamt kommen fast nur mit Gedanken, Wünschen, Trieben verknüpft vor. Durch die Sinnesempfindungen werden die den Lebensbedingungen entsprechenden Anpassungsbewegungen der Tiere ausgelöst. Sind diese Lebensbedingungen einfach, wenig und langsam veränderlich, so wird die unmittelbare Auslösung durch die Sinne zureichen. Höhere intellektuelle Entwicklung wird unnötig sein. Anders ist dies bei sehr mannigfaltigen und veränderlichen Lebensbedingungen. Ein so einfacher Anpassungsmechanismus kann sich da nicht entwickeln, noch weniger zum Ziele führen.

Niedere Tiere verschlingen alles, was in ihre Nähe kommt und den entsprechenden Reiz ausübt. Ein höher entwickeltes Tier muß seine Nahrung mit Gefahren suchen, die gefundene geschickt fassen oder listig fangen, und vorsichtig prüfen. Ganze Reihen von verschiedenen Erinnerungen müssen vorbeiziehen, bevor eine den widerstreitenden gegenüber stark genug wird, die entsprechende Bewegung auszulösen. Hier muß also eine die Anpassungsbewegungen mitbestimmende Summe von Erinnerungen (oder Erfahrungen) den Sinnesempfindungen gegenüberstehen. Darin besteht der Intellekt.

Bei höheren Tieren mit komplizierten Lebensbedingungen sind in der Jugend die Komplexe von Sinnesempfindungen, welche die Anpassungsbewegungen auslösen, oft sehr zusammengesetzt. Das Saugen der jungen Säugetiere, das S. 61, 62 beschriebene Verhalten des jungen Sperlings sind passende Beispiele hiefür. Mit der Entwicklung der Intelligenz werden immer kleinere Teile dieser Komplexe zur Auslösung hinreichend, und die Sinnesempfindungen werden immer mehr und mehr durch den Intellekt ergänzt und ersetzt, wie sich dies an Kindern und heranwachsenden Tieren täglich konstatieren läßt.

In der Auflage von 1886 habe ich in einer Anmerkung vor der damals noch verbreiteten Überschätzung der Intelligenz der niederen Tiere gewarnt. Meine Ansicht beruhte nur auf gelegentlichen Beobachtungen über die maschinenmäßige Bewegung von Käfern, den Lichtflug der Motten u. s. w. Seither sind die wichtigen Arbeiten von J. Loeb erschienen, welche diese Ansicht auf eine solide experimentelle Basis gestellt haben.

Gegenwärtig ist die Psychologie der niederen Tiere wieder ein viel umstrittenes Gebiet. Während A. Bethe[1]) auf Grund sinnreicher und interessanter Experimente in Bezug auf Ameisen und Bienen eine extreme Reflextheorie vertritt, nach welcher diese Tiere als Descartessche Maschinen erscheinen, schreiben sorgfältige kritische Beobachter, wie E. Wasmann[2]), H. v. Buttel-Reepen[3]), A. Forel[4]) u. a. denselben Tieren eine recht hohe

---

1) A. Bethe, Dürfen wir den Ameisen und Bienen psychische Qualitäten zuschreiben? Pflügers Archiv, Bd. 70, S. 17. — Noch einmal über die psychischen Qualitäten der Ameisen. Ebendaselbst, Bd. 79, S. 39. — Beer, Bethe u. Uexküll, Vorschläge zu einer objektivierenden Nomenklatur in der Physiologie des Nervensystems. Centralbl. f. Physiologie 1899, Bd. 13, No. 6. — H. E. Hering, Inwiefern ist es möglich, die Physiologie von der Psychologie sprachlich zu trennen? Monatsschrift „Deutsche Arbeit", 1. Jahrg., Heft 12.

2) E. Wasmann Die psychischen Fähigkeiten der Ameisen. Stuttgart 1899, Zoologica. Heft 26. — Vergleichende Studien über das Seelenleben der Ameisen und der höheren Tiere, 2. Aufl., Freiburg i. Br. 1900.

3) H. v. Buttel-Reepen, Sind die Bienen Reflexmaschinen? Leipzig 1900.

4) A. Forel, Psychische Fähigkeiten der Ameisen. Verhandl. des 5. internat. Zoologenkongresses, Jena 1902. — Expériences et remarques critiques sur les sensations des Insectes, 1—5 partie. Rivista di scienze biologiche, Como, 1900—1901.

psychische Entwicklung zu. Auch die Psychologie der höheren Tiere liegt jetzt dem allgemeinen Interesse wieder näher. Die Schriften von Th. Zell, die sich vorwiegend an das große Publikum wenden, enthalten manche gute Beobachtung, manchen glücklichen Blick und scheinen der Überschätzung und Unterschätzung der Tiere in besonnener Weise gleich fern zu bleiben.

Wer einmal sich mit Physiologie beschäftigt, oder auch nur die Arbeiten von F. Goltz gewürdigt hat, kennt die hohe Bedeutung der Reflexe für die Lebenserhaltung jedes tierischen Organismus, selbst des höchststehenden menschlichen. Wer ferner beobachtet, wie die Beeinflussung der biologischen Reaktionen durch das die individuellen Erlebnisse registrierende Gedächtnis mit der Vereinfachung der Organisation ganz auffallend abnimmt[1]), kann wohl auf den natürlichen Gedanken verfallen, zu versuchen, ob und wie weit das Verhalten einfacherer Organismen durch bloße Reflexe verständlich ist. Es war ja nicht wahrscheinlich[2]) daß es gänzlich gedächtnislose tierische Organismen mit absolut unmodifizierbaren Reflexen gibt, da wohl zwischen den Erwerbungen der Art und des Individuums kaum eine scharfe Grenze sich ziehen läßt. Dennoch halte ich einen solchen Versuch für sehr verdienstlich, allerdings noch für wertvoller die kritische Läuterung des Ergebnisses.

Ich hoffe, daß wir nicht nur von unseren Kindern, sondern auch von „unseren jüngeren Brüdern", den Tieren noch sehr viel für die eigene Psychologie lernen werden. Um aber zu verstehen, warum der Mensch psychisch so viel mehr ist als das klügste Tier, wird es wohl hinreichen, auf die Erwerbungen der Art und des Individuums in der Atmosphäre einer vieltausendjährigen sozialen Kultur zu achten. S.Z.14.

---

1) Populär-wissenschaftliche Vorlesungen. Über den Einfluß zufälliger Umstände usw. Leipzig 1903, 3. Aufl., S. 294—95. — Prinzipien der Wärmelehre, Leipzig 1900. S. d. Kapitel über Sprache und Begriff.

2) Vgl. die vorliegende Schrift, 4. Aufl., S. 153.

2.

Die Vorstellungen haben also die Sinnesempfindungen, soweit sie unvollständig sind, zu ersetzen, und die durch letztere anfänglich allein bedingten Prozesse weiterzuspinnen. Die Vorstellungen dürfen aber im normalen Leben die Sinnesempfindungen, soweit letztere vorhanden sind, durchaus nicht dauernd verdrängen, wenn hieraus nicht die höchste Gefahr für den Organismus entspringen soll. In der Tat besteht im normalen psychischen Leben ein sehr starker Unterschied zwischen beiden Arten psychischer Elemente. Ich sehe eine schwarze Tafel vor mir. Ich kann mir mit der größten Lebhaftigkeit auf dieser Tafel ein mit scharfen weißen Strichen gezogenes Sechseck oder eine farbige Figur vorstellen. Ich weiß aber, pathologische Fälle abgerechnet, immer, was ich sehe, was ich mir vorstelle. Ich fühle, wie ich bei dem Übergang zur Vorstellung die Aufmerksamkeit von dem Auge abwende und anderswohin richte. Der auf der Tafel gesehene und der an derselben Stelle vorgestellte Fleck unterscheiden sich durch diese Aufmerksamkeit wie durch eine vierte Koordinate. Die Tatsachen würden nicht vollständig gedeckt, wenn man sagen würde, das Eingebildete lege sich über das Gesehene wie das Spiegelbild in einer unbelegten Glasplatte über die hindurchgesehenen Körper. Im Gegenteil scheint mir das Vorgestellte durch einen qualitativ verschiedenen, widerstreitenden sinnlichen Reiz verdrängt zu werden und auch letzteren zeitweilig zu verdrängen. Das ist vorläufig eine psychologische Tatsache, deren physiologische Erklärung sich gewiß auch finden wird.

Es ist natürlich anzunehmen, daß bei Vorstellungen teilweise auch dieselben organischen Prozesse durch die Wechselwirkung der Organe des Zentralnervensystems wieder aufleben, welche bei den entsprechenden Empfindungen durch den physikalischen Reiz bedingt waren. Die Vorstellungen unterscheiden sich in normalen Fällen von den Empfindungen wohl durch ihre geringere Intensität, vor allem aber durch ihre Flüchtigkeit.

Wenn ich mir in der Vorstellung eine geometrische Figur zeichne, so verhält es sich so, als ob die Linien, bald nachdem sie gezogen wurden, verlöschen würden, sobald die Aufmerksamkeit sich andern Linien zuwendet. Bei Rückkehr findet man sie nicht mehr vor, und muß sie aufs neue reproduzieren. In diesem Umstande liegt hauptsächlich der Vorteil und die Bequemlichkeit, den eine materielle geometrische Zeichnung gegenüber der vorgestellten bietet. Eine geringe Anzahl Linien, z. B. Zentri- und Peripheriewinkel auf demselben Kreisbogen mit einem Paar zusammenfallender oder sich schneidender Schenkel, wird man leicht in der Vorstellung festhalten. Fügt man im letzteren Falle noch den Durchmesser durch den Scheitel des Peripheriewinkels hinzu, so wird es schon schwerer, in der Vorstellung das Maßverhältnis der Winkel abzuleiten, ohne fortwährend die Figur zu erneuern und zu ergänzen. Die Geläufigkeit und Geschwindigkeit des Wiederersetzens gewinnt übrigens ungemein durch die Übung. Als ich mich mit der Steinerschen und v. Staudtschen Geometrie beschäftigte, konnte ich darin viel mehr leisten, als es mir jetzt möglich ist.

Bei der stärkern Entwicklung der Intelligenz, welche durch die komplizierten Lebensverhältnisse des Menschen bedingt ist, können die Vorstellungen zeitweilig die ganze Aufmerksamkeit auf sich ziehen, so daß Vorgänge in der Umgebung des Sinnenden nicht gesehen, an ihn gerichtete Fragen nicht gehört werden, was solcher Beschäftigung ungewohnte Menschen „Zerstreuung" nennen, während es viel passender „Sammlung" heißen würde. Wird nun der Betreffende in einem solchen Falle gestört, so empfindet er sehr deutlich die Arbeit beim Wechsel der Aufmerksamkeit.

3.

Die Beachtung dieses Unterschiedes zwischen den Vorstellungen und Sinnesempfindungen ist sehr geeignet, vor Unvorsichtigkeit bei psychologischen Erklärungen der Sinnesphänomene zu schützen. Die bekannte Theorie der „unbewußten Schlüsse" wäre nie zu so breiter Entwicklung gelangt, wenn man mehr auf diesen Umstand geachtet hätte.

Das Organ, dessen Zustände die Vorstellungen bestimmen, können wir uns vorläufig als ein solches denken, welches (in einem geringeren Grade) aller spezifischen Energieen der Sinnesorgane und der motorischen Organe fähig ist, so daß je nach seiner Aufmerksamkeitsstimmung bald diese, bald jene Energie eines Organs in dasselbe hineinspielen kann. Ein solches Organ wird vorzüglich geeignet sein, die physiologische Beziehung zwischen den verschiedenen Energieen zu vermitteln. Wie die Erfahrungen an Tieren mit entferntem Großhirn lehren, gibt es außer dem „Vorstellungsorgan" wahrscheinlich noch mehrere andere analoge, mit dem Großhirn weniger innig zusammenhängende Vermittlungsorgane, deren Vorgänge daher nicht ins Bewußtsein fallen.

Der Reichtum des Vorstellungslebens, wie wir denselben aus der Selbstbeobachtung kennen, tritt gewiß erst beim Menschen auf. Die Anfänge dieser Lebensäußerung, in welcher sich durchaus nur die Beziehung aller Teile des Organismus zu einander ausspricht, reichen ebenso gewiß tief in der Entwicklungsreihe der Tiere herab. Aber auch die Teile eines Organs müssen durch gegenseitige Anspannung zu einander in eine Beziehung treten, welche jener der Teile des Gesamtorganismus analog ist. Die beiden Netzhäute mit ihrem von den Lichtempfindungen abhängigen motorischen Akkommodations- und Blendungsapparat geben ein sehr klares und bekanntes Beispiel eines solchen Verhältnisses. Das physiologische Experiment und die einfache Selbstbeobachtung belehren uns darüber, daß ein solches Organ seine eigenen zweckmäßigen Lebensgewohnheiten, sein besonderes Gedächtnis. fast möchte man sagen, seine eigene Intelligenz hat.

4.

Die lehrreichsten hierher gehörigen Beobachtungen sind wohl von Johannes Müller in seiner schönen Schrift „Über die phantastischen Gesichtserscheinungen" (Coblenz 1826) zusammengestellt worden. Die von Müller u. a. im wachen Zu-

stande beobachteten Gesichtsphantasmen entziehen sich durchaus dem Einfluß des Willens und der Überlegung. Es sind selbständige, wesentlich an das Sinnesorgan gebundene Erscheinungen, welche durchaus den Charakter des objektiv Gesehenen an sich tragen. Es sind wahre Phantasie- und Gedächtniserscheinungen des Sinnes. Müller hält das freie Eigenleben der Phantasie für einen Teil des organischen Lebens und für unvereinbar mit den sogenannten Assoziationsgesetzen, über welche er sich sehr abfällig ausspricht. Es scheint mir, daß die kontinuierlichen Änderungen der Phantasmen, die Müller beschreibt, nicht gegen die Assoziationsgesetze sprechen. Diese Vorgänge können vielmehr geradezu als Erinnerungen an die langsamen perspektivischen Änderungen der Gesichtsbilder aufgefaßt werden. Das Sprunghafte in dem gewöhnlichen assoziativen Verlauf der Vorstellungen kommt doch nur dadurch hinein, daß bald dieses, bald jenes Sinnesgebiet mitzusprechen beginnt. Vgl. Kap. XI.

Jene Prozesse, welche in der „Sehsinnsubstanz" (nach Müller) normaler Weise als Folgen der Netzhauterregung sich abspielen, und welche das Sehen bedingen, können ausnahmsweise auch ohne Netzhauterregung spontan in der Sehsinnsubstanz auftreten, und die Quelle von Phantasmen oder Halluzinationen werden. Wir sprechen von Sinnengedächtnis, wenn sich die Phantasmen in ihrem Charakter stark an zuvor Gesehenes anschließen, von Halluzinationen, wenn die Phantasmen freier und unvermittelter eintreten. Eine scharfe Grenze zwischen beiden Fällen wird aber kaum festzuhalten sein.

Ich kenne alle Arten von Gesichtsphantasmen aus eigener Anschauung. Das Hineinspielen von Phantasmen in undeutlich Gesehenes, wobei letzteres teilweise verdrängt wird, kommt wohl am häufigsten vor. Besonders lebhaft treten mir diese Erscheinungen nach einer ermüdenden nächtlichen Eisenbahnfahrt auf. Alle Felsen, Bäume nehmen dann die abenteuerlichsten Gestalten an. — Als ich mich vor Jahren eingehender mit Pulskurven und Sphygmographie beschäftigte, traten mir die zarten weißen Kurven auf schwarzem Grunde des Abends und auch bei Tage im Halb-

dunkel oft mit voller Lebhaftigkeit und Objektivität vor Augen. Auch später sah ich bei verschiedenen physikalischen Beschäftigungen analoge Erscheinungen des „Sinnengedächtnisses". — Seltener traten mir bei Tage Bilder vor Augen, die ich zuvor nicht gesehen hatte. So leuchtete mir vor Jahren an mehreren aufeinanderfolgenden Tagen auf dem Buch, in welchem ich las, oder auf dem Schreibpapier ein hellrotes Kapillarnetz (ähnlich einem sogenannten Wundernetz) auf, ohne daß ich mich mit derartigen Formen beschäftigt hatte. — Das Sehen von lebhaft gefärbten veränderlichen Tapetenmustern vor dem Einschlafen war mir in meiner Jugend sehr geläufig; es tritt auch jetzt noch ein, wenn ich die Aufmerksamkeit darauf richte. Auch eines meiner Kinder erzählte mir oft vom „Blumensehen" vor dem Einschlafen. Seltener sehe ich abends vor dem Einschlafen mannigfaltige menschliche Gestalten, die sich ohne meinen Willen ändern. Ein einziges Mal versuchte ich mit Erfolg ein menschliches Gesicht in einen skelettierten Schädel umzuwandeln; dieser vereinzelte Fall kann aber auch ein Zufall sein. — Daß beim Erwachen im dunklen Zimmer die letzten Traumbilder in lebhaften Farben mit einer Fülle von Licht noch vorhanden waren, ist mir oft vorgekommen. — Eine eigentümliche Erscheinung, die mir seit einigen Jahren häufiger begegnet, ist folgende. Ich erwache und liege mit geschlossenen Augen ruhig da. Vor mir sehe ich die Bettdecke mit allen ihren Fältchen, und auf derselben meine Hände mit allen Einzelheiten ruhig und unveränderlich. Öffne ich die Augen, so ist es entweder ganz dunkel, oder zwar hell, aber die Decke und die Hände liegen ganz anders, als sie mir erschienen waren. Es ist dies ein besonders starres und dauerndes Phantasma, wie ich es unter anderen Verhältnissen nicht beobachtet habe. Ich glaube an diesem Bild zu bemerken, daß alle auch weit voneinander abliegenden Teile zugleich deutlich erscheinen, in einer Weise, wie dies bei objektiv Gesehenem aus bekannten Gründen unmöglich ist.

Akustische Phantasmen, namentlich musikalische, traten in meiner Jugend öfter nach dem Erwachen sehr lebhaft auf, sind

aber, seit mein Interesse für Musik sehr abgenommen hat, recht selten und dürftig geworden. Vielleicht ist aber auch das Interesse für Musik das Sekundäre, Bedingte.

Spuren von Phantasmen, wenn man die Netzhaut dem Einfluß der äußeren Reize entzieht und die Aufmerksamkeit dem Sehfelde allein zuwendet, sind fast immer vorhanden. Ja sie zeigen sich schon dann, wenn die äußeren Reize schwach und unbestimmt sind, im Halbdunkel, oder wenn man etwa eine Fläche mit matten, verschwommenen Flecken, eine Wolke, eine graue Wand beobachtet. Die Gestalten, die man dann zu sehen meint, so weit sie nicht auf einem bloßen Herausheben und Zusammenfassen deutlich gesehener Flecke durch die Aufmerksamkeit beruhen, sind jedenfalls keine vorgestellten, sondern wenigstens teilweise spontane Phantasmen, welchen zeitweilig und stellenweise der Netzhautreiz weichen muß. Die Erwartung scheint in diesen Fällen das Auftreten der Phantasmen zu begünstigen. Sehr oft glaubte ich beim Aufsuchen von Interferenzstreifen die ersten matten Spuren derselben im Gesichtsfeld deutlich wahrzunehmen, während mich die Fortführung des Versuches überzeugte, daß ich mich gewiß getäuscht hatte. Einen Wasserstrahl, dessen Hervortreten aus einem Kautschukschlauch ich erwartete, glaubte ich im halbdunklen Raum wiederholt deutlich zu sehen, und erkannte den Irrtum erst durch Tasten mit dem Finger. Solche schwache Phantasmen scheinen sich gegen den Einfluß des Intellektes sehr nachgiebig zu verhalten, während dieser gegen die starken, lebhaft gefärbten nichts auszurichten vermag. Erstere stehen den Vorstellungen, letztere den Sinnesempfindungen näher.

Diese schwachen Phantasmen, welche von Sinnesempfindungen bald überwältigt werden, bald den letzteren das Gleichgewicht halten, bald diese verdrängen, legen die Möglichkeit nahe, die Stärke der Phantasmen mit jener der Empfindungen zu vergleichen. Scripture hat diesen Gedanken ausgeführt, indem er in dem Gesichtsfelde eines Beobachters, der in demselben ein (nicht vorhandenes) Fadenkreuz zu sehen glaubte, eine reelle Linie von unerwarteter Richtung mit von Null an wachsender

Intensität auftreten ließ, bis diese bemerkt und dem Phantasma gleich geschätzt wurde[1]). Es lassen sich alle Übergänge von der Empfindung zur Vorstellung nachweisen. Nirgends kommen wir auf ein psychisches Element, welches mit der Empfindung, die wir unzweifelhaft auch als ein physisches Objekt ansehen müssen, ganz unvergleichbar wäre. Der (assoziative) Zusammenhang der Vorstellungen ist allerdings ein anderer als jener der Empfindungen.

9.

Leonardo da Vinci a. a. O. S. 56 bespricht das Hineinspielen der Phantasmen in das Gesehene in folgenden Worten:

„Ich werde nicht ermangeln, unter diese Vorschriften eine neuerfundene Art des Schauens herzusetzen, die sich zwar klein und fast lächerlich ausnehmen mag, nichtsdestoweniger aber doch sehr brauchbar ist, den Geist zu verschiedenerlei Erfindungen zu wecken. Sie besteht darin, daß du auf manche Mauern hinsiehst, die mit allerlei Flecken bedeckt sind, oder auf Gestein mit verschiedenem Gemisch. Hast du irgend eine Situation zu erfinden, so kannst du da Dinge erblicken, die verschiedenen Landschaften gleichsehen, geschmückt mit Gebirgen, Flüssen, Felsen, Bäumen, großen Ebenen, Tal und Hügeln von mancherlei Art. Auch kannst du da allerlei Schlachten sehen, lebhafte Stellungen sonderbarer fremdartiger Figuren, Gesichtsmienen, Trachten und unzählige Dinge, die du in vollkommene und gute Form bringen magst. Es tritt bei derlei Mauern und Gemisch das Ähnliche ein, wie beim Klang der Glocken, da wirst du in den Schlägen jeden Namen und jedes Wort wiederfinden können, die du dir einbildest".

„Achte diese meine Meinung nicht gering, in der ich dir rate, es möge dir nicht lästig erscheinen, manchmal stehen zu bleiben, und auf die Mauerflecken hinzusehen, oder in die Asche im Feuer, in die Wolken, oder in Schlamm und auf andere solche Stellen; du wirst, wenn du sie recht betrachtest, sehr wunderbare Erfindungen in ihnen entdecken. Denn des Malers Geist wird zu (solchen) neuen Erfindungen (durch sie) aufgeregt, sei es in

1) Scripture, The new Psychology, London 1897, p. 484.

Kompositionen von Schlachten, von Tier und Menschen, oder auch zu verschiedenerlei Kompositionen von Landschaften und von ungeheuerlichen Dingen, wie Teufeln und dgl., die angetan sind, dir Ehre zu bringen. Durch verworrene und unbestimmte Dinge wird nämlich der Geist zu neuen Erfindungen wach. Sorge aber vorher, daß du alle die Gliedmaßen der Dinge, die du vorstellen willst, gut zu machen verstehst, so die Glieder der lebenden Wesen, wie auch die Gliedmaßen der Landschaft, nämlich die Steine, Bäume und dgl".

Das stärkere selbständige Auftreten der Phantasmen, ohne Anregung durch die Netzhaut, den Traum und den halbwachen Zustand abgerechnet, muß seiner biologischen Unzweckmäßigkeit wegen als pathologisch angesehen werden. Ebenso müßte man jede abnorme Abhängigkeit der Phantasmen vom Willen als pathologisch bezeichnen. Solche Zustände mögen wohl bei jenen Irren vorkommen, welche sich für sehr mächtig, für Gott usw., halten. Das bloße Fehlen hemmender Assoziationen kann aber ebenfalls zu Größenwahnvorstellungen führen. So kann man im Traum glauben, die größten Probleme gelöst zu haben, weil die Assoziationen, welche den Widerspruch aufdecken, sich nicht einstellen.

6.

Nach diesen Vorbemerkungen wollen wir einige physiologisch-optische Erscheinungen betrachten, deren vollständige Erklärung zwar noch fern liegt, die aber als Äußerungen eines selbständigen Lebens der Sinnesorgane relativ noch am verständlichsten sind.

Man sieht gewöhnlich mit beiden Augen, und zu einem bestimmten Zweck im Dienste des Lebens, nicht Farben und Formen, sondern die Körper im Raume. Nicht die Elemente des Komplexes, sondern der ganze physiologisch-optische Komplex ist von Wichtigkeit. Diesen Komplex sucht das Auge nach den unter seinen Lebensbedingungen erworbenen (oder ererbten) Gewohnheiten zu ergänzen, wenn er einmal infolge besonderer Um-

stände unvollständig auftritt. Das geschieht zunächst leicht beim Sehen mit einem Auge oder auch beim Sehen sehr ferner Objekte mit beiden Augen, wenn die stereoskopischen Differenzen in bezug auf den Augenabstand verschwinden.

Man nimmt gewöhnlich nicht Licht und Schatten, sondern räumliche Objekte wahr. Der Selbstschatten der Körper wird kaum bemerkt. Die Helligkeitsdifferenzen lösen Tiefempfindungsdifferenzen aus und helfen den Körper modellieren, wo die stereoskopischen Differenzen hierzu nicht mehr ausreichen, wie dies bei Betrachtung ferner Gebirge sehr auffallend wird.

Sehr belehrend ist in dieser Hinsicht das Bild auf der matten Tafel der photographischen Kammer. Man erstaunt hier oft über die Helligkeit der Lichter und die Tiefe der Schatten, die man an den Körpern gar nicht bemerkte, solange man nicht genötigt war, alles in einer Ebene zu sehen. Ich erinnere mich aus meinen Kinderjahren sehr wohl, daß mir jede Schattierung einer Zeichnung als eine ungerechtfertigte und entstellende Manier erschien, und daß mich eine Konturzeichnung weit mehr befriedigte. Es ist ebenso bekannt, daß ganze Völker, wie die Chinesen, trotz entwickelter artistischer Technik, gar nicht oder nur mangelhaft schattieren.

Folgendes Experiment, das ich vor vielen Jahren angestellt habe[1]), illustriert sehr deutlich die berührte Beziehung zwischen Lichtempfindung und Tiefenempfindung. Wir stellen eine geknickte Visitenkarte vor uns auf den Schreibtisch, so daß sie die erhabene Kante *b e* uns zukehrt. Von links falle das Licht ein. Die Hälfte *a b d e* ist dann viel heller, *b c e f* viel dunkler, was aber bei unbefangener Betrachtung kaum bemerkbar wird. Nun schließen wir ein Auge. Hiermit verschwindet ein Teil der Raumempfindungen. Noch immer sehen wir das geknickte Blatt räumlich und an der Beleuchtung nichts Auffallendes. Sobald es uns aber gelingt, statt der erhabenen Kante *b e* eine hohle zu sehen, erscheinen

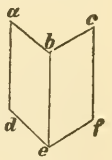


Fig. 24.

1) Über die physiologische Wirkung räumlich verteilter Lichtreize. Sitzungsber. der Wiener Akademie, 54. Bd., 3. Abhandlung, Oktober 1866.

Licht und Schatten wie mit Deckfarben darauf gemalt. Von der leicht erklärbaren perspektivischen Verzerrung der Karte sehe ich zunächst ab. Eine solche „Inversion“ ist möglich, weil durch ein monokulares Bild die Tiefe nicht bestimmt ist. Stellt in Fig. 25, 1 *O* das Auge, *a b c* den Durchschnitt eines geknickten Blattes, der Pfeil die Lichtrichtung vor, so erscheint *a b* heller als *b c*. In 2 ist ebenso *a b* heller als *b c*. Das Auge muß, wie man sieht, die Gewohnheit annehmen, mit der Helligkeit der gesehenen Flächenelemente auch das Gefälle der Tiefempfindung zu wechseln. Das Gefälle und die Tiefe nimmt mit abnehmender Helligkeit nach rechts ab, wenn das Licht von links einfällt (1), umgekehrt, wenn es von rechts einfällt. Da die Hüllen des Bulbus, in welchen die Netzhaut eingebettet ist, durchscheinend sind, so ist es auch für die Lichtverteilung auf den Netzhäuten nicht gleichgültig, ob das Licht von rechts oder links einfällt. Die Umstände sind also ganz danach angetan, daß sich ohne alles Zutun des Urteils eine feste Gewohnheit des Auges herausbilden kann, vermöge welcher Helligkeit und Tiefe in bestimmter Weise verbunden werden. Gelingt es nun, einen Teil der Netzhaut, wie in dem obigen Versuch, vermöge einer andern Gewohnheit mit der erstern in Widerstreit zu bringen, so äußert sich dies durch auffallende Empfindungen.

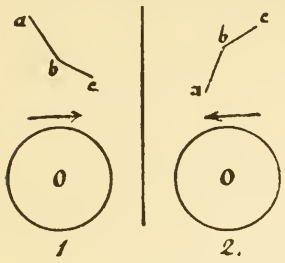


Fig. 25.

Wie bedeutend die Wirkung des durch die Bulbusdecken eindringendes Lichtes werden kann, geht aus gewissen Versuchen von Fechner[1]) hervor. Eine hieher gehörige Beobachtung ist folgende. Unter meinem Schreibtisch liegt eine graugrüne Decke, von welcher ich schreibend ein kleines Stückchen sehe. Wenn nun bei hellem, von links einfallendem Sonnen oder- Tageslicht von jenem Stückchen zufällig oder absichtlich ein Doppelbild entsteht, so ist das dem linken, stärker beleuchteten Auge angehörige Bild durch Kontrast lebhaft grün, während das recht-

1) Fechner, Über den seitlichen Fenster- und Kerzenversuch. Berichte der Leipziger Ges. der Wissenschaften 1860.

seitige Bild ganz matt gefärbt ist. Variation der Intensität und Farbe der Bulbusbeleuchtung bei diesen letzteren und bei Inversionsversuchen wäre von Interesse.

Es soll mit dem Gesagten nur der Charakter der Erscheinung bezeichnet und die Richtung angedeutet werden, nach welcher eine physiologische Erklärung (mit Ausschluß psychologischer Spekulationen) zu suchen ist. Bemerken wollen wir noch, daß in Bezug auf Empfindungsqualitäten, welche miteinander in Wechselbeziehung stehen, ein dem Gesetz der Erhaltung der Energie ähnliches Prinzip zu herrschen scheint. Die Helligkeitsdifferenzen verwandeln sich teilweise in Tiefendifferenzen und werden selbst dabei schwächer. Auf Kosten von Tiefendifferenzen können umgekehrt die Helligkeitsdifferenzen vergrößert werden. Eine analoge Bemerkung wird sich noch bei einer andern Gelegenheit ergeben.

7.

Die Gewohnheit Körper zu beobachten, d. h. einer größern räumlich zusammenhängenden Masse von Lichtempfindungen die Aufmerksamkeit zuzuwenden, bringt eigentümliche, zum Teil überraschende Erscheinungen mit sich. Eine zweifarbige Malerei oder Zeichnung z. B. sieht im allgemeinen ganz verschieden aus, je nachdem man die eine oder die andere Farbe als Grund auffaßt. Die Vexierbilder, in welchen etwa ein Gespenst zwischen Baumstämmen erscheint, sobald man den hellen Himmel als Objekt, die dunklen Bäume aber als Grund auffaßt, sind bekannt. Nur ausnahmsweise bietet Grund und Objekt dieselbe Form dar, worin ein häufig verwendetes ornamentales Motiv besteht, wie dies z. B. die Fig. 26 von S. 15 der erwähnten „Grammar of ornament", ferner die Figuren 20, 22 der Tafel 45, Figur 13 der Tafel 43 jenes Werkes veranschaulichen.

Fig. 26.

8.

Die Erscheinungen des Raumsehens, welche bei monokularer Betrachtung eines perspektivischen Bildes, oder, was auf dasselbe hinauskommt; bei monokularer Betrachtung eines Objektes auftreten, werden gewöhnlich als fast selbstverständliche sehr leichthin behandelt. Ich bin aber der Meinung, daß an denselben noch mancherlei zu erforschen ist. Durch dasselbe perspektivische Bild, welches unendlich vielen verschiedenen Objekten angehören kann, ist die Raumempfindung nur teilweise bestimmt. Wenn also gleichwohl von den vielen dem Bilde zugehörigen denkbaren Körpern nur sehr wenige wirklich gesehen werden, und zwar mit dem Charakter der vollen Objektivität, so muß dies einen triftigen physiologischen Grund haben. Es kann nicht auf dem Hinzudenken von Nebenbestimmungen beruhen, nicht auf bewußten Erinnerungen, welche uns auftauchen, sondern auf bestimmten Lebensgewohnheiten des Gesichtssinnes.

Verfährt der Gesichtssinn nach den Gewohnheiten, welche er unter den Lebensbedingungen der Art und des Individuums erworben hat, so kann man zunächst annehmen, daß er nach dem Prinzip der Wahrscheinlichkeit vorgeht, d. h. diejenigen Funktionen, welche am häufigsten zusammen ausgelöst wurden, werden auch zusammen auftreten, wenn nur eine allein angeregt wird. Diejenigen Tiefenempfindungen z. B., welche am häufigsten mit einem bestimmten perspektivischen Bild verbunden sind werden auch leicht reproduziert, wenn jenes Bild auftritt, ohne daß diese Empfindungen mitbestimmt sind. Außerdem scheint sich beim Sehen perspektivischer Bilder ein Prinzip der Sparsamkeit auszusprechen, d. h. der Gesichtssinn ladet sich von selbst keine größere Anstrengung auf als diejenige, welche durch den Reiz bestimmt ist. Beide Prinzipien fallen, wie wir sehen werden, in ihren Wirkungen zusammen.

9.

Wir wollen uns das eben Ausgesprochene in den Einzelheiten erläutern. Betrachten wir eine Gerade in einem perspek-

tivischen Bilde, so sehen wir diese immer als eine Gerade im Raume, obgleich die Gerade als perspektivisches Bild unendlich vielen verschiedenen ebenen Kurven als Objekten entsprechen kann. Allein nur in dem besondern Fall, daß die Ebene einer Kurve durch den Kreuzungspunkt des einen Auges hindurchgeht, wird sie sich auf der betreffenden Netzhaut als Gerade (beziehungsweise als größter Kreis) abbilden, und nur in dem noch spezielleren Fall, daß die Kurvenebene durch die Kreuzungspunkte beider Augen hindurchgeht, bildet sie sich für beide Augen als Gerade ab. Es ist also sehr unwahrscheinlich, daß eine ebene Kurve als Gerade erscheint, während dagegen eine Gerade im Raume sich immer als Gerade auf beiden Netzhäuten abbildet. Das wahrscheinlichste Objekt also, welches einer perspektivischen Geraden entspricht, ist eine Gerade im Raume.

Die Gerade hat mannigfaltige geometrische Eigenschaften. Diese geometrischen Eigenschaften, z. B. die bekannte Eigenschaft, die Kürzeste zwischen zwei Punkten darzustellen, sind aber physiologisch nicht von Belang. Wichtiger ist schon, daß in der Medianebene liegende oder zur Medianebene senkrechte Gerade physiologisch zu sich selbst symmetrisch sind. Die in der Medianebene liegende Vertikale zeichnet sich außerdem noch durch die größte Gleichmäßigkeit der Tiefenempfindung und durch ihre Koïnzidenz mit der Richtung der Schwere physiologisch aus. Alle vertikalen Geraden können leicht und rasch mit der Medianebene zur Koïnzidenz gebracht werden, und nehmen daher an diesem physiologischen Vorzug teil. Allein die Gerade im Raume überhaupt muß sich noch durch etwas anderes physiologisch auszeichnen. Die Gleichheit der Richtung in allen Elementen wurde schon früher hervorgehoben. Jedem Punkt der Geraden im Raume entspricht aber auch das Mittel der Tiefenempfindungen der Nachbarpunkte. Die Gerade im Raume bietet also ein Minimum der Abweichungen vom Mittel der Tiefenempfindungen dar, wie jeder Punkt einer Geraden das Mittel der gleichartigen Raumwerte der Nachbarpunkte darbietet. Es liegt hiernach die Annahme nahe, daß die Gerade mit der

geringsten Anstrengung gesehen wird. Der Gesichtssinn geht also nach dem Prinzip der Sparsamkeit vor, wenn er uns mit Vorliebe Gerade vorspiegelt, und zugleich nach dem Prinzip der Wahrscheinlichkeit.

Noch 1866 schrieb ich in den Sitzungsberichten der Wiener Akademie, Bd. 54: „Da die gerade Linie den zivilisierten Menschen immer und überall umgibt, so kann man wohl annehmen, daß jede auf der Netzhaut mögliche Gerade unzähligemal auf jede mögliche Art als Gerade im Raume gesehen worden sei. Die Geläufigkeit des Auges im Auslegen des Bildes der Geraden darf uns daher nicht befremden". — Ich schrieb schon damals diese Stelle (entgegen der darwinistischen Anschauung, die ich in derselben Abhandlung geltend machte) mit halbem Herzen. Heute bin ich mehr als je überzeugt, daß die erwähnte Fähigkeit keine Folge der individuellen Übung, ja nicht einmal der menschlichen Übung ist, sondern daß sie auch den Tieren zukommt und teilweise wenigstens ein Erbstück ist.

10.

Die Abweichung einer Empfindung vom Mittel der Nachbarempfindungen fällt überhaupt immer auf und fordert von dem Sinnesorgan eine besondere Anstrengung. Jede Krümmung einer Kurve, jede Hervorragung oder Vertiefung einer Fläche bedeutet immer die Abweichung einer Raumempfindung von dem Mittel der Umgebung, auf welche die Aufmerksamkeit gerichtet ist. Die Ebene zeichnet sich physiologisch dadurch aus, daß jene Abweichung vom Mittel ein Minimum oder speziell für jeden Punkt = o ist. Betrachtet man im Stereoskop irgend eine fleckige Fläche, deren Teilbilder sich noch nicht zu einem binokularen Bilde vereinigt haben, so macht es einen besonders wohltuenden Eindruck, wenn sich dieselbe plötzlich zu einer Ebene ausstreckt. Der ästhetische Eindruck des Kreises und der Kugel scheint wesentlich darauf zu beruhen, daß die bezeichnete Abweichung vom Mittel für alle Punkte gleich ist.

11.

Daß die Abweichung vom Mittel der Umgebung in bezug auf die Lichtempfindung eine Rolle spielt, habe ich in einer älteren Arbeit nachgewiesen[1]). Malt man eine Reihe von schwarzen und weißen Sektoren, wie dies in Fig. 27 angedeutet ist, auf einen Papierstreifen *AA BB* und wickelt diesen nachher als Mantel auf einen Zylinder, dessen Achse parallel *AB* ist, so entsteht durch die rasche Rotation des letzteren ein graues Feld mit von *B* gegen *A* zu wachsender Helligkeit, in welchem aber ein hellerer Streifen *α α* und ein dunklerer *β β* hervortritt. Die Stellen, welche den Knickungen *α* entsprechen, sind nicht physikalisch heller als die Umgebung; ihre Lichtintensität übertrifft

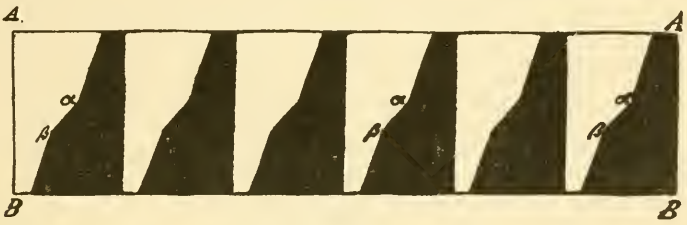


Fig. 27.

aber das Intensitäts-Mittel der nächsten Umgebung, während umgekehrt die Intensität bei *β* unter der mittleren Intensität der Umgebung bleibt[2]). Diese Abweichung vom Mittel wird also deutlich empfunden und ladet demnach dem Sehorgan eine besondere Arbeit auf. Die kontinuierliche Änderung der Helligkeit wird hingegen kaum bemerkt, solange die Helligkeit eines jeden Punktes dem Mittel der Nachbarn entspricht. Welche teleologische Bedeutung dieser Umstand für das Hervorheben und die Be-

1) Über die Wirkung der räumlichen Verteilung des Lichtreizes auf die Netzhaut. Sitzungsberichte der Wiener Akademie (1865), Bd. 52. — Fortsetzungen dieser Untersuchung: Sitzungsberichte (1866), Bd. 54, Sitzungsberichte (1868), Bd. 57. Vierteljahrsschrift für Psychiatrie, Neuwied-Leipzig 1868 (Über die Abhängigkeit der Netzhautstellen von einander).

2) Eine Bemerkung über Analogien zwischen der Lichtempfindung und der Potentialfunktion findet sich in meiner Note „Über Herrn Guébhards Darstellung der Äquipotentiallkurven". Wiedemanns Annalen (1882), Bd. 17, S. 864 und „Prinzipien der Wärmelehre", 2. Aufl. 1900, S. 118.

grenzung der Objekte hat, darauf habe ich vor langer Zeit (a. a. O. Sitzb. der Wien. Akad., 1865, Oktob. u. 1868, Januar) schon hingewiesen. Die Netzhaut verwischt kleine Unterschiede und hebt größere unverhältnismäßig hervor. Sie schematisiert und karikiert. Schon Panum hat seiner Zeit auf die Bedeutung der Konturen für das Sehen aufmerksam gemacht.

Durch sehr mannigfaltige Versuche, von welchen der in Fig. 27 dargestellte einer der einfachsten ist, habe ich die Ansicht gewonnen, daß die Beleuchtung einer Netzhautstelle nach Maßgabe der Abweichung von dem Mittel der Beleuchtungen der Nachbarstellen empfunden wird. Das Gewicht der Netzhautstellen in jenem Mittel ist hiebei als mit der Entfernung von der betrachteten Stelle rasch abnehmend zu denken, was natürlich nur durch eine organische Wechselwirkung der Netzhautelemente verständlich werden kann. Ist $i = f(x, y)$ die auf ein Koordinatensystem $(X\ Y)$ bezogene Beleuchtungsintensität der Netzhaut, so ist jener für eine beliebige Stelle maßgebende Mittelwert durch

$$i + \frac{m}{2}\left(\frac{d^2i}{dx^2} + \frac{d^2i}{dy^2}\right)$$

annähernd (symbolisch) dargestellt, wobei alle Krümmungsradien der Fläche $f(x\ y)$ als groß angenommen werden gegen die Entfernung, in welcher sich die Netzhautstellen noch merklich beeinflussen; m ist eine Konstante. Je nachdem nun $\left(\frac{d^2i}{dx^2} + \frac{d^2i}{dy^2}\right)$ positiv oder negativ ist, empfindet sich die Netzhautstelle dunkler, beziehungsweise heller als bei gleichmäßiger Beleuchtung der Nachbarstellen mit der ihr selbst entsprechenden Intensität. Hat die Fläche $f(x, y)$ Kanten, Knickungen, so wird $\left(\frac{d^2i}{dx^2} + \frac{d^2i}{dy^2}\right)$ unendlich, und die Formel wird unbrauchbar. Der Knickungsstelle entspricht in diesem Falle allerdings eine starke Verdunklung oder Erhellung, aber natürlich keine unendliche. Die Verdunklung oder Erhellung ist auch auf keine scharfe Linie beschränkt, sondern verwaschen, wie es nach Maßgabe der Abweichung vom Mittel erwartet werden muß. Die Netzhaut besteht eben nicht aus empfindenden Punkten, sondern aus einer

endlichen Zahl von empfindenden Elementen von endlicher Ausdehnung. Die nähere Kenntnis des Wechselwirkungsgesetzes dieser Elemente, welche zur genaueren Bestimmung der Erscheinung in diesem Spezialfalle nötig wäre, fehlt noch.

Da man leicht irre geführt werden kann, wenn man nach dem subjektiven Eindruck die objektive Lichtverteilung beurteilt, so ist die Kenntnis des erwähnten Kontrastgesetzes auch für rein physikalische Untersuchungen von Belang. Schon Grimaldi ist durch eine solche Erscheinung getäuscht worden. Dieselbe begegnet uns bei Betrachtung der Schatten, der Absorptionsspektren und in zahllosen anderen Fällen. Durch eigentümliche Umstände fanden meine Mitteilungen wenig Verbreitung, und die betreffenden Tatsachen sind mehr als 30 Jahre später noch zweimal entdeckt worden [1]).

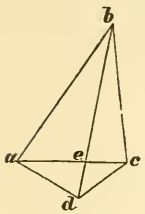
Es kann auffallen, daß außer i zwar noch die zweiten Differenzialquotienten von i, dagegen nicht die ersten $\frac{di}{dx}$, $\frac{di}{dy}$ einen Einfluß auf die Empfindung der Helligkeit zu üben scheinen. Das gleichmäßige, kontinuierliche Ansteigen der Beleuchtungsintensität einer Fläche, z. B. nach der x-Richtung, bemerkt man kaum, und es sind besondere Veranstaltungen nötig, um sich von demselben zu überzeugen. Dagegen äußern diese ersten Differentialquotienten ihren Einfluß auf die Modellierung, auf die Plastik der gesehenen Fläche. Nennen wir die horizontale Richtung x, die Tiefenentfernung eines Punktes der beleuchteten Fläche τ, so geht $\frac{di}{dx}$ und $\frac{d^2\tau}{dx^2}$ parallel. Dieser Ausdruck, welcher natürlich wieder nur symbolisch zu verstehen ist, besagt, daß uns eine Zylinderfläche

1) H. Seeliger, Die scheinbare Vergrößerung des Erdschattens bei Mondfinsternissen. Abhandl. d. Münchener Akademie, 1896. — H. Haga und C. H. Wind, Beugung der Röntgenstrahlen. Wiedemanns Annalen, Bd. 68, 1899, S. 866. — C. H. Wind. Zur Demonstration einer von E. Mach entdeckten optischen Täuschung. Physik. Zeitschr. v. Riecke und Simon I, No. 10. — A. v. Obermayer, „Über die Säume um die Bilder dunkler Gegenstände auf hellem Hintergrunde“ (Eders Jahrbuch für Photographie, 1900) macht eine Anzahl neuer Tatsachen bekannt, die sich durch das im Text dargelegte Kontrastgesetz erklären lassen. Er kennt jedoch von meinen vier Abhandlungen nur die erste, und teilt daher das Gesetz in der ersten mangelhaften Fassung mit.

mit vertikaler Erzeugenden und ebener horizontaler Leitlinie $\tau = F(x)$, deren zweite Differentialquotienten $\frac{d^2\tau}{dx^2}$ (Krümmungen) den ersten der Beleuchtungsintensität (Steigungen) parallel gehen, vorgespiegelt wird. Über das Zeichen der Krümmung entscheiden die S. 172 bezeichneten Nebenumstände.

12.

In bezug auf die durch ein monokulares Bild ausgelösten Tiefenempfindungen sind die folgenden Versuche lehrreich. Die Zeichnung Figur 28 ist ein ebenes Viereck mit den beiden Diagonalen. Betrachten wir sie monokular, so erscheint sie auch, dem Wahrscheinlichkeits- und Sparsamkeitsgesetz entsprechend, am leichtesten eben. Nicht ebene Objekte zwingen in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle das Auge zum Tiefensehen. Wo dieser Zwang fehlt, ist das ebene Objekt das wahrscheinlichste und zugleich für das Sehorgan das bequemste.



Figur 28.

Dieselbe Zeichnung kann monokular noch als ein Tetraëder gesehen werden, dessen Kante *bd* vor *ac* liegt, oder als ein Tetraëder, dessen Kante *bd* hinter *ac* liegt. Der Einfluß der Vorstellung und des Willens auf den Sehprozeß ist ein höchst beschränkter, er reduziert sich auf die Leitung der Aufmerksamkeit, und auf die Auswahl der Stimmung des Sehorgans für einen von mehreren in seiner Gewohnheit liegenden Fällen, von welchen aber jeder einzelne gewählte sich dann mit maschinenmäßiger Sicherheit und Präzision einstellt. Auf den Punkt *e* achtend, kann man in der Tat willkürlich zwischen den beiden optisch möglichen Tetraëdern wechseln, je nachdem man sich *bd* näher oder ferner als *ac* vorstellt. Für diese beiden Fälle ist das Sehorgan eingeübt, weil häufig ein Körper durch den anderen teilweise gedeckt wird.

Loeb[1]) findet, daß eine Annäherung der Figur 31 Akkommodation für die Nähe und damit auch Erhabensehen der fixierten Kante *be* auslöst. Ich habe einen so bestimmten Erfolg nicht erzielen

1) Loeb, Über optische Inversion. Pflügers Archiv, Bd. 40, 1887, S. 247.

können, und kann auch theoretisch keinen zureichenden Grund für denselben finden[1]), obgleich ich gern zugebe, daß Entfernungsänderungen der Figur leicht zum Wechsel der Auffassung führen.

Dieselbe Zeichnung kann endlich als eine vierseitige Pyramide gesehen werden, wenn man sich den ausgezeichneten Durchschnittspunkt *e* vor oder hinter der Ebene *abcd* vorstellt. Dies gelingt schwer, wenn *bed* und *aec* zwei vollkommene Gerade sind, weil es der Gewohnheit des Sehorgans widerstreitet, eine Gerade ohne Zwang geknickt zu sehen; es gelingt überhaupt nur, weil der Punkt *e* eine Sonderstellung hat. Findet sich aber bei *e* eine kleine Knickung, so hat der Versuch keine Schwierigkeit.

Die Wirkung einer linearen perspektivischen Zeichnung auf den der Perspektive Unkundigen, sobald er überhaupt von der Zeichnungsebene abzusehen vermag, was bei monokularer Betrachtung leicht gelingt, tritt ebenso sicher ein, wie bei vollständiger Kenntnis der Perspektivlehre. Die Überlegung und auch die Erinnerung an gesehene Objekte hat nach meiner Überzeugung mit dieser Wirkung wenig oder nichts zu schaffen. Warum die Geraden der Zeichnung als Gerade im Raume gesehen werden, wurde schon erörtert. Wo Gerade in einem Punkt der Zeichnungsebene zu konvergieren scheinen, werden die konvergierenden oder sich annähernden Enden nach dem Wahrscheinlichkeitsprinzip und dem Sparsamkeitsprinzip in gleiche oder nahe gleiche Tiefe verlegt. Hiedurch ist die Wirkung der Fluchtpunkte gegeben. Parallel können solche Linien gesehen werden, die Notwendigkeit eines solchen Eindrucks besteht aber nicht. Halten wir die Zeichnung Fig. 29 in gleicher Höhe mit dem Auge, so kann sie uns den Blick in die Tiefe eines Ganges vorspiegeln. Die Enden *ghef* werden in gleiche Ferne verlegt. Ist die Entfernung groß, so scheinen hiebei die Linien *ae*, *bf*, *cg*, *dh* horizontal. Erhebt

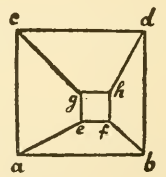


Fig. 29.

1) Hillebrand, („Verh. v. Akkomod. und Konverg. z. Tiefenlokalisation". Zeitschr. f. Psych. u. Phys. der Sinnesorg., VII, S. 97) hat die geringe Bedeutung der Akkommodation für das Tiefensehen nachgewiesen.

man die Zeichnung, so heben sich die Enden *efgh*, und der Boden *abef* scheint bergän zu steigen. Bei Senkung der Zeichnung tritt die umgekehrte Erscheinung ein. Analoge Veränderungen beobachten wir, wenn wir die Zeichnung rechts oder links zur Seite schieben. Hiebei kommen nun die Elemente der perspektivischen Wirkung zum einfachen und klaren Ausdruck.

Ebene Zeichnungen, wenn sie durchweg aus geraden Linien bestehen, die sich überall rechtwinklig durchschneiden, erscheinen fast nur eben. Kommen schiefe Durchschnitte und krumme Linien vor, so treten die Linien leicht aus der Ebene heraus, wie z. B. die Figur 30 zeigt, welche man ohne Mühe als ein gekrümmtes Blatt auffaßt. Wenn eine solche Kontur, wie Fig. 30, eine bestimmte Form im Raume angenommen hat, und man sieht dieselbe als Grenze einer Fläche, so erscheint letztere, um es kurz zu sagen, möglichst flach, also wieder mit einem Minimum der Abweichung vom Mittel der Tiefenempfindung[1]).

Fig. 30.

13.

Die eigentümliche Wechselwirkung, sich schief in der Zeichnungsebene (beziehungsweise auf der Netzhaut) durchschneidender Linien, vermöge welcher sich dieselben gegenseitig aus der Zeichnungsebene (beziehungsweise aus der zur Visierlinie senkrechten Ebene) heraustreiben, habe ich zuerst bei Gelegenheit des vorher (S. 171) erwähnten Experimentes mit der monokularen Inversion des Kartenblattes beobachtet. Das Blatt Fig. 31, dessen gegen mich konvexe Kante *be* vertikal steht, legt sich, wenn es mir gelingt, *be* konkav zu sehen, wie ein aufgeschlagenes Buch auf den Tisch, so daß *b* ferner erscheint als *e*. Kennt man die Erscheinung einmal, so gelingt

Fig. 31.

1) Die Tiefenempfindung verhält sich hier wieder ähnlich der Potentialfunktion in einem Raum, an dessen Grenzen sie bestimmt ist. Diese möglichst flache Fläche fällt nicht zusammen mit der Fläche minimae areae, welche man erhalten würde, wenn die gesehene räumliche Kontur, aus Draht dargestellt, und in Seifenlösung getaucht, sich mit einer Plateauschen Flüssigkeitshaut erfüllen würde.

die Inversion fast bei jedem Objekt, und man kann dann immer mit der Formänderung (Umstülpung) zugleich jene merkwürdige Änderung der Orientierung (Stellung) des Objektes beobachten. Besonders überraschend gestaltet sich der Vorgang bei durchsichtigen Objekten. Es sei *a b c d* der Durchschnitt eines Glaswürfels auf einem Tisch *t t*, und *O* das Auge. Bei der monokularen Inversion rückt die Kante *a* nach *a'*, *b* aber näher heran nach *b'*, *c* nach *c'* und *d* nach *d'*. Der Würfel scheint nun auf der Kante *c'* schief auf dem Tisch *t' t'* zu stehen. Um die Zeichnung übersichtlicher zu gestalten, wurden die beiden Bilder nicht ineinander, sondern hintereinander dargestellt. Ein teilweise mit gefärbter Flüssigkeit gefülltes Trinkglas, an die Stelle des Würfels gesetzt, stellt sich natürlich samt seiner Flüssigkeitsoberfläche ebenfalls schief.

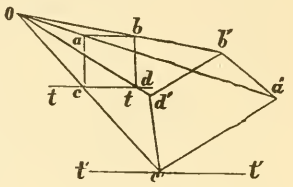


Fig. 32.

Dieselben Erscheinungen kann man bei genügender Aufmerksamkeit auch an jeder Linearzeichnung beobachten. Wenn man das Blatt mit der Figur 31 vertikal vor sich hinstellt und monokular betrachtet, so sieht man, wenn *b e* konvex ist, *b* vortreten, wenn *b e* konkav ist, *e* vortreten, sich dem Beobachter nähern, und *b* zurückweichen. Loeb[1]) bemerkt, daß hiebei die Punkte *a*, *e*, in der Zeichnungsebene verbleiben. In der Tat werden hiedurch die Orientierungsänderungen verständlich. Zieht man die punktierten Linien (Fig. 32a) und denkt sich die Figur, so weit sie außerhalb des punktierten Dreiecks liegt, weggelöscht, so bleibt uns das Bild einer hohlen oder erhabenen dreiseitigen Pyramide, welche mit der Basis in der Zeichnungsebene liegt. Die Inversion hat keine irgendwie rätselhafte Orientierungsänderung mehr zur Folge. Es scheint also, daß jeder monokular gesehene Punkt nach dem Minimum der Abweichungen vom Mittel der Tiefenempfindung, und das ganze gesehene Objekt nach dem

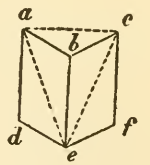


Fig. 32a.

1) Loeb, a. a. O.

Minimum der Entfernung von der Heringschen Kernfläche strebt, welches unter den Versuchsbedingungen erreichbar ist.

Wenn man die Deformationen beachtet, welche eine ebene geradlinige Figur bei monokularer räumlicher Auslegung erfährt, so kann man dieselben qualitativ darauf zurückführen, daß die Schenkel eines spitzen Winkels sich nach entgegengesetzten Seiten, jene eines stumpfen Winkels nach derselben Seite aus der Zeichnungsebene, der zur Visierlinie senkrechten Ebene, heraustreiben. Spitze Winkel vergrößern, stumpfe Winkel verkleinern sich hierbei. Alle Winkel streben dem rechten zu. S.Z.15.

14.

Der letztere Satz legt die Beziehung der eben besprochenen Erscheinung zur Zöllnerschen Pseudoskopie und den zahlreichen verwandten Phänomenen nahe. Auch hier kommt alles auf scheinbare Vergrößerung der spitzen und Verkleinerung der stumpfen Winkel hinaus, nur daß die Zeichnungen in der Ebene gesehen werden. Sieht man dieselben aber monokular räumlich, so verschwinden die Pseudoskopien, und es treten dann die zuvor beschriebenen Erscheinungen auf. Obgleich nun diese Pseudoskopien vielfach studiert worden sind, existiert zurzeit doch keine allseitig befriedigende Erklärung derselben. Mit so leichtfertigen Erklärungen, wie etwa jener, daß wir gewohnt seien, vorzugsweise rechte Winkel zu sehen, darf man natürlich nicht kommen, wenn die ganze Untersuchung nicht verfahren oder vorzeitig abgebrochen werden soll. Wir sehen oft genug schiefwinklige Objekte, dagegen ohne künstliche Veranstaltung niemals, wie in dem obigen Experiment, einen ruhigen schiefen Flüssigkeitsspiegel. Dennoch zieht das Auge, wie es scheint, den schiefen Flüssigkeitsspiegel einem schiefwinkligen Körper vor.

Die elementare Macht, die sich in diesen Vorgängen ausspricht, hat nach meiner Überzeugung ihre Wurzel in viel einfacheren Gewohnheiten des Sehorgans, welche kaum erst im Kulturleben des Menschen entstanden sind. Ich habe seiner Zeit versucht,

die Erscheinungen durch einen dem Farbenkontrast analogen Richtungskontrast zu erklären, ohne zu einem befriedigenden Resultat zu gelangen. Neuere Untersuchungen von Loeb[1]), Heymans[2]) u. a., sowie Beobachtungen von Höfler[3]) über Krümmungskontrast, sprechen nun doch sehr zugunsten einer Kontrasttheorie. Auch hat, in letzter Zeit wenigstens, die Neigung für eine rein physiologische Erklärung entschieden zugenommen[4]).

Auch das Prinzip der Sparsamkeit hat sich mir in bezug auf die Zöllnersche Pseudoskopie als unergiebig erwiesen. Etwas mehr Aussicht auf Erfolg schien das Prinzip der Wahrscheinlichkeit zu bieten. Wir denken uns die Netzhaut als Vollkugel und den Scheitel eines Winkels *a* im Raume fixiert. Die Ebenen, welche durch den Kreuzungspunkt des Auges und die Winkelschenkel hindurchgehend die letzteren auf die Netzhaut projizieren, schneiden auf dieser ein sphärisches Zweieck mit dem Winkel *A* aus, welcher den Winkel des monokularen Bildes vorstellt. Demselben beliebigen *A* können nun unzählige Werte von *a* zwischen 0° und 180° entsprechen, wie man erkennt, wenn man bedenkt, daß die Schenkel des objektiven Winkels jede beliebige Lage in den erwähnten projizierenden Ebenen annehmen können. Einem gesehenen Winkel *A* können also alle Werte des objektiven Winkels *a* entsprechen, welche sich ergeben, wenn man jede der Dreieckseiten *b* und *c* zwischen 0° und 180° variieren läßt. Hiebei ergibt sich nun wirklich, wenn man die Rechnung in einer bestimmten Weise anlegt, daß gesehenen spitzen Winkeln als wahrscheinlichstes Objekt ein größerer Winkel, gesehenen stumpfen Winkeln ein kleinerer Winkel entspricht. Ich war jedoch nicht in der Lage zu entscheiden, ob jene Fälle, welche man als geometrisch gleich mögliche anzusehen geneigt ist, auch als physiologisch gleich mögliche

Figur 33.

1) Loeb, Pflügers Archiv, 1895, S. 509.
2) Heymans, Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorgane, XIV, 101.
3) Höfler, Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorgane, XII, 1.
4) Witasek, Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorgane, XIX, 1.

betrachtet werden dürfen, was wesentlich und wichtig wäre. Auch ist mir die ganze Betrachtung viel zu künstlich.

15.

Es kann hier nicht unerwähnt bleiben, daß A. Stöhr versucht hat, von ganz neuen Gesichtspunkten aus über die zuvor besprochenen Erscheinungen Aufklärung zu gewinnen. Den allgemeinen Erwägungen, von welchen sich Stöhr leiten ließ, muß ich volle Sympathie und Zustimmung entgegenbringen. Dagegen habe ich mir bis jetzt kein sicheres Urteil verschaffen können, ob Stöhrs Hypothesen eine tatsächlich nachweisbare Grundlage entspricht. Die vorausgesetzten Verhältnisse sind auch so kompliziert, daß es nicht leicht ist, darüber zu entscheiden, ohne das Gebiet selbst von neuem durchzuexperimentieren. Ich weiß also nicht, ob Stöhrs Ansichten überall zur Erklärung ausreichen werden. In einer älteren Arbeit[1]) wird angenommen, daß dem dioptrischen Bilde des Auges vor der Netzhaut ein katoptrisches Bild in der Netzhaut entspricht, welches nach deren Tiefe Relief hat. Die Tiefe in der Netzhaut wäre zugleich das Bestimmende für die empfundene Tiefe im Sehraum und das Regulierende der Akkommodation. In der Tat habe ich mich immer gefragt, wodurch denn der Sinn der Akkommodationsänderung bestimmt sei, da dieselbe durch die bloße Größe des Zerstreuungskreises nicht bestimmt sein kann, da ferner der Zusammenhang zwischen Konvergenz und Akkommodation nur ein loser ist, und da auch ein Auge allein sich akkommodiert. Anderseits stehen dieser Ansicht die zahlreichen Beobachtungen über die Wertlosigkeit der Akkommodation für die Tiefenempfindung entgegen. Die große Dicke der Netzhaut der Insektenaugen[2]) legt es wieder nahe, an eine Funktion derselben bei der Reliefwahrnehmung zu denken.

In zwei folgenden Arbeiten[3]) wird auf diese Ansicht weiter

1) Zur nativistischen Behandlung des Tiefensehens.. Wien 1892.

2) Exner, Die Physiologie der facettierten Augen. Wien 1891, S. 188.

3) Zur Erklärung der Zöllnerschen Pseudoskopie. Wien 1898. — Binoculare Figurmischung und Pseudoskopie. Wien 1900.

gebaut. Die zweite derselben bringt eine Schefflersche Ansicht in eine mehr physiologische Form. Die herrschende Ansicht, nach welcher die Bilder von Stellen, welche mehr oder weniger von korrespondierenden abweichen, zu einem einheitlichen Eindruck verschmelzen, findet Stöhr unbehaglich. „Wo ist der Weichenwächter, der den Wechsel nicht nur in außergewöhnlicher, sondern auch in zweckmäßiger Weise so stellt, daß jetzt ein ungewöhnliches Paar von Leitungsbahnen zwei Reize zur Vereinigung im Zentralorgan bringen kann?“ Es wird angenommen, daß die Netzhäute beider Augen, von einem Streben nach Minimalisation des Lichtreizes beherrscht, nach Äqualisation ungleicher Bilder trachten. Die nervösen Elemente erregen den Ziliarmuskel und zwar nicht nur in ganz gleichmäßiger regelmäßiger Weise, sondern nach Bedürfnis auch sehr ungleichmäßig. Regelmäßige Kontraktion des Ziliarmuskels bringt eine größere Linsenwölbung und eine geringe Kontraktion der Netzhaut hervor. Nehmen hiebei die Netzhautelemente ihre Ortswerte mit, so erscheint dasselbe Netzhautbild vergrößert. So soll es nach Stöhr verständlich werden, daß die Panumschen proportionalen Kreissysteme (bis zum Radienverhältnis 4:5) durch Anpassung der beiden Augen aneinander mit identischen Netzhautstellen einfach und in mittlerer Größe gesehen werden. Daß die Verschmelzung der Kreissysteme nicht durch Unterdrückung des einen Bildes geschieht, weist Stöhr nach, indem er das eine Kreissystem aus roten, das andere aus alternierenden grünen Punkten darstellt, so daß in dem binokularen Sammelbild die roten zwischen den grünen Punkten erscheinen. Unregelmäßige Kontraktion des Ziliarmuskels soll nun eine mehrfache Wirkung hervorbringen: Einmal eine unregelmäßige Deformation der Linse mit mannigfaltiger Verschiebung der Spitzen der Diakaustik verschiedener Strahlenbündel, hiedurch Änderung des Reliefs des dioptrischen und katoptrischen Bildes und ferner eine mannigfaltige minimale Deformation der Netzhaut. Stöhr glaubt durch detaillierte Rechnungen die Möglichkeit seiner Auffassung darzutun und durch Untersuchung von Beobachtern mit aphakischen Augen

die Tatsächlichkeit seiner Voraussetzungen nachzuweisen. Zu überraschenden Versuchen, z. B. stereoskopischer Knickung von Geraden hat ihn seine Theorie jedenfalls geführt, und sie verdient also schon deshalb Beachtung. So sehr mir aber seine Auffassung des Auges und seiner Teile als lebender Organismen sympathisch ist, habe ich mich doch noch nicht überzeugen können, daß seine Annahmen zur Erklärung komplizierterer Fälle des Raumsehens überall ausreichen[1]).

Stöhr entfernt sich recht weit von den Traditionen der physiologischen Optik. An sich kann das kein Grund sein, auf die genaue Prüfung seiner Theorie nicht einzugehen, seit die an schönen und merkwürdigen Ergebnissen reichen vergleichend physiologischen Untersuchungen von S. Exner und Th. Beer[2]) uns Augen von so mannigfaltigen organischen Einrichtungen kennen gelehrt haben, wie sie ein Physiker a priori kaum vermuten würde. Vielleicht finden Stöhrs Gedanken keine Anwendung auf das menschliche Auge, dafür aber auf andere Sehorgane. S.Z.16.

Daß während des Sehens noch zu erforschende Veränderungen im Auge vorgehen, wird durch manche Erscheinungen wahrscheinlich. Stereoskopbilder mit starken stereoskopischen Differenzen zeigen bei längerem Hinsehen noch ein sukzessiv enorm wachsendes Relief, wenn auch die Verschmelzung scheinbar längst vollendet ist. An feinen glatten parallelen Liniensystemen hat man wellige Krümmungen und Anschwellungen beobachtet, und hat dieselben in etwas eigentümlicher Weise auf die zur Darstellung von so feinen Geraden unzureichende Netzhautmosaik zurückgeführt. Ich habe aber diese Erscheinung an sehr deutlich sichtbaren, keineswegs mikrometrischen, Geradensystemen

---

1) Seither ist noch erschienen: A. Stöhr, Grundfragen der psycho-physiologischen Optik, Leipzig u. Wien, 1904. — Die bezeichneten Fragen werden daselbst weiter diskutiert.

2) Th. Beer, Die Akkommodation des Fischauges. (Pflügers Archiv, Bd. 58, S. 523.) — Akkommodation des Auges in der Tierreihe. (Wiener klinische Wochenschrift, 1898, No. 42.) — Über primitive Sehorgane. (Ebendas., 1901, No. 11, 12, 13.)

bei andauerndem Hinsehen stets wahrgenommen. Mit der Netzhautmosaik hat also die Sache gewiß nichts zu tun. Eher könnte ich glauben, daß durch die Anstrengung, etwa durch kleine Verschiebungen im Sinne Stöhrs, die Raumwerte etwas in Unordnung geraten seien[1]).

16.

Der leichte Übergang vom pseudoskopischen Sehen ebener Figuren zum monokularen räumlichen Sehen derselben wird wohl über ersteres noch weitere Aufklärung verschaffen. Folgende Tatsachen bestärken diese Vermutung. Eine ebene Linearzeichnung, monokular betrachtet, erscheint gewöhnlich eben. Macht man aber die Winkel veränderlich und leitet die Bewegung ein, so streckt sich jede derartige Zeichnung sofort in die Tiefe. Man sieht dann gewöhnlich einen starren Körper in einer Drehung begriffen, wie ich dies bei einer früheren Gelegenheit[2]) beschrieben habe. Die bekannten Lissajousschen Schwingungsfiguren, welche bei Wechsel des Phasenunterschiedes auf einem gedrehten Zylinder zu liegen scheinen, bieten ein schönes Beispiel des betreffenden Vorganges.

Man könnte nun hier wieder auf die Gewohnheit hinweisen, mit starren Körpern umzugehen. Starre Körper, in Drehungen und Wendungen begriffen, umgeben uns in der Tat fortwährend. Ja die ganze materielle Welt, in welcher wir uns bewegen, ist gewissermaßen ein starrer Körper, und ohne die Hilfe starrer Körper gelangen wir überhaupt nicht zur Vorstellung des geometrischen Raumes. Wir achten auch gewöhnlich nicht auf die Lage der einzelnen Punkte eines Körpers im Raum, sondern fassen ohne weiteres dessen Dimensionen auf. Darin liegt hauptsächlich für den Ungeübten die Schwierigkeit, ein perspektivisches Bild zu entwerfen. Kinder, welche gewohnt sind, die Körper

---

1) Über die physiologische Wirkung räumlich verteilter Lichtreize. (Wiener Sitzungsber. 2. Abt., Oktober 1866, S. 7, 10 des Separatabzuges.)

2) Beobachtungen über monokulare Stereoskopie. Sitzungsberichte der Wiener Akademie (1868), Bd. 58.

in ihren wahren Dimensionen zu sehen, können sich mit perspektivischen Verkürzungen nicht abfinden, und sind von einem einfachen Aufriß, von einer Profilzeichnung weit mehr befriedigt. Ich weiß mich dieses Umstandes sehr wohl zu erinnern, und begreife durch diese Erinnerung die Zeichnungen der alten Ägypter, welche alle Körperteile der Figuren soweit als möglich in ihren wahren Dimensionen darstellen, und dieselben deshalb in die Zeichnungsebene gleichsam hineinpressen, wie die Pflanzen in ein Herbar. Auch in den Pompejanischen Wandgemälden begegnen wir, obgleich hier der Sinn für Perspektive schon deutlich ist, noch einer merklichen Scheu vor Verkürzungen. Die alten Italiener hingegen, im Gefühle ihrer Sachkenntnis, gefallen sich oft in übermäßigen, zuweilen sogar unschönen Verkürzungen, welche dem Auge mitunter eine bedeutende Anstrengung zumuten.

17.

Es ist also keine Frage, daß uns das Sehen starrer Körper mit den festen Abständen ihrer ausgezeichneten Punkte viel geläufiger ist als das Aussondern der Tiefe, welches sich immer erst durch eine absichtliche Analyse ergibt. Demnach können wir erwarten, daß überall, wo eine zusammenhängende Masse von Empfindungen, die vermöge der kontinuierlichen Übergänge und des gemeinsamen Farbencharakters zur Einheit verschmilzt, eine räumliche Veränderung zeigt, diese mit Vorliebe als Bewegung eines starren Körpers gesehen wird. Ich muß aber gestehen, daß mich diese Auffassung wenig befriedigt. Vielmehr glaube ich, daß auch hier eine elementare Gewohnheit des Sehorgans zugrunde liegt, welche nicht erst durch die bewußte individuelle Erfahrung entstanden ist, sondern welche im Gegenteil schon das Auffassen der Bewegungen starrer Körper erleichtert hat. Würden wir z. B. annehmen, daß jede Verkleinerung der Querdimension einer optischen Empfindungsmasse, welcher die Aufmerksamkeit zugewendet wird, eine entsprechende Vergrößerung der Tiefendimensionen herbeizuführen strebt, und umgekehrt, so wäre dieser

Prozeß ganz analog demjenigen, dessen schon oben gedacht (S. 163) und der mit der Erhaltung der Energie verglichen wurde. Die berührte Ansicht ist entschieden viel einfacher und zur Erklärung ebenfalls ausreichend. Man kann sich auch leichter vorstellen, wie eine so elementare Gewohnheit erworben, wie sie in der Organisation ihren Ausdruck finden, und wie die Stimmung für dieselbe vererbt werden kann

Als Gegenstück zu der Drehung starrer Körper, welche uns das Sehorgan vorspiegelt, will ich hier noch eine andere Beobachtung anführen. Wenn man ein Ei oder ein Ellipsoid mit matter gleichmäßiger Oberfläche über den Tisch rollt, jedoch so, daß es sich nicht um die Achse des Rotationskörpers dreht, sondern hüpfende Bewegungen ausführt, so glaubt man bei binokularer Betrachtung einen flüssigen Körper, einen großen schwingenden Tropfen, vor sich zu haben. Noch auffallender ist die Erscheinung, wenn ein Ei, dessen Längsachse horizontal liegt, um eine vertikale Achse in mäßig rasche Rotation versetzt wird. Dieser Eindruck verschwindet sofort, wenn auf der Oberfläche des Eies Flecken angebracht werden, deren Bewegung man verfolgen kann. Man sieht dann den gedrehten starren Körper.

Die in diesem Kapitel gegebenen Erklärungen sind von Vollständigkeit gewiß noch weit entfernt, doch glaube ich, daß meine Ausführungen ein exakteres und eingehenderes Studium der besprochenen Erscheinungen anregen und anbahnen können.

XI. Empfindung, Gedächtnis und Assoziation.

1.

Es kann nach den vorausgehenden Erörterungen kein Zweifel bestehen, daß bloße Empfindungen kein dem unsrigen auch nur entfernt ähnliches psychisches Leben begründen können. Wenn die Empfindung sofort nach dem Verschwinden vergessen wird, kann nur eine zusammenhangslose Mosaik und Folge von psychischen Zuständen sich ergeben, wie wir dieselbe bei den niedersten Tieren und bei den tiefstehenden Idioten annehmen müssen. Eine Empfindung, welche nicht etwa als heftiger Bewegungsreiz wirkt, wie etwa eine Schmerzempfindung, wird auf dieser Stufe schwerlich Beachtung finden. Der Anblick eines lebhaft gefärbten kugelförmigen Körpers z. B., der nicht durch die Erinnerung an den Geruch und Geschmack, kurz an die Eigenschaft einer Frucht, an die mit derselben gemachten Erfahrungen, ergänzt wird, bleibt unverstanden, ist ohne Interesse, wie dies im Zustande der „Seelenblindheit" beobachtet wird. Aufbewahrung von Erinnerungen, Zusammenhang derselben, Wiedererweckbarkeit durch einander, Gedächtnis und Assoziation, sind die Grundbedingung des entwickelten psychischen Lebens.

2.

Was ist nun das Gedächtnis? Ein psychisches Erlebnis läßt psychische Spuren zurück, dasselbe hinterläßt aber auch physische Spuren. Das gebrannte oder von der Wespe gestochene Kind benimmt sich auch physisch ganz anders, als ein

Kind, welchem diese Erfahrung fehlt. Denn das Psychische und Physische sind überhaupt nur durch die Art der Betrachtung verschieden. Dennoch ist es recht schwierig, in den Erscheinungen der Physik des Unorganischen Züge zu entdecken, welche dem Gedächtnis verwandt sind.

In der Physik des Unorganischen scheint alles durch die augenblicklichen Umstände bestimmt, die Vergangenheit ganz einflußlos zu sein. Die Beschleunigung eines Körpers ist durch die augenblicklichen Kräfte gegeben. Ein Pendel schwingt gleich, ob es die erste Schwingung vollführt oder ob schon 1000 andere vorausgegangen sind. H verbindet sich mit Cl in derselben Weise, ob es vorher mit Br oder J verbunden war. Allerdings gibt es auch in dem physikalischen Gebiet Fälle, in welchen die Vergangenheit deutlich ihren Einfluß ausspricht. Die Erde erzählt uns ihre geologische Vorgeschichte. Der Mond erzählt sie ebenso. Ich sah bei E. Suess an einem Gesteinsstück ein System ganz sonderbarer kongrunenter paralleler Ritzfiguren, welche er sehr plausibel als ein vorweltliches Seismogramm interpretierte.

Ein Draht merkt sich sozusagen lange Zeit jede Torsion, die er erlitten hat. Jeder Entladungsfunke ist ein Individuum und von den vorausgegangenen Entladungen beeinflußt. Die isolierende Schicht der Leidnerflasche bewahrt eine Geschichte der vorausgegangenen Ladungen.

Der scheinbare Widerspruch löst sich, wenn wir berücksichtigen, daß wir in der Physik die betrachteten Fälle aufs äußerste zu idealisieren und zu schematisieren, die einfachsten Umstände vorauszusetzen pflegen. Wenn wir ein mathematisches Pendel annehmen, dann ist gewiß die tausendste Schwingung wie die erste, dann gibt es keine Spuren der Vergangenheit, weil wir eben von denselben absehen. Das wirkliche Pendel nutzt aber seine Schneide ab, erwärmt sich durch äußere und innere Reibung, und keine Schwingung gleicht, genau genommen, der andern. Jede zweite, dritte Drahttorsion fällt etwas anders aus, als wenn die früheren nicht gewesen wären. Könnte man in der Psychologie ebenso schematisieren, so würde man Menschen erhalten, die sich

identisch verhalten, keinen Einfluß der individuellen Erlebnisse erkennen lassen würden.

In Wirklichkeit läßt jeder psychische so gut wie jeder physische Vorgang seine unverwischbaren Spuren zurück. In beiden Gebieten gibt es nicht umkehrbare Prozesse, ob nun die Entropie vermehrt, oder der Knoten einer gestörten und wieder angeknüpften Freundschaft gefühlt wird. Und jeder wirkliche Vorgang enthält mindestens nicht umkehrbare Komponenten.

3.

Man wird nun mit Recht sagen: Spuren der Vergangenheit sind noch lange kein Gedächtnis. In der Tat, damit die Ähnlichkeit größer werde, müßten gewesene Vorgänge auf einen leisen Anstoß hin aufs neue sich abspielen. Die gut gespielten alten Violinen, die Moserschen Hauchbilder, der Phonograph sind schon etwas bessere Beispiele. Allein Violine und Phonograph müssen durch äußere Kräfte gespielt werden, während der Mensch sich und sein Gedächtnis selbst spielt. Die organischen Wesen sind nämlich keine starren materiellen Systeme, sondern im wesentlichen dynamische Gleichgewichtsformen von Strömen von „Materie“ und „Energie“. Die Abweichungsformen dieser Ströme von dem dynamischen Gleichgewichtszustand sind es nun, die sich, je nachdem sie einmal eingeleitet wurden, immer in derselben Weise wiederholen. Solche Variationen dynamischer Gleichgewichtsformen hat die anorganische Physik noch wenig studiert. Die Änderung von Flußläufen durch zufällige Umstände, welche Läufe dann beibehalten werden, sind ein ganz rohes Beispiel. Schraubt man einen Wasserhahn so weit zu, daß ein ganz dünner ruhiger Strahl zum Vorschein kommt, so genügt ein zufälliger Anstoß, um dessen labiles Gleichgewicht zu stören und dauerndes rhythmisches tropfenweises Ausfließen zu veranlassen. Man kann eine lange Kette aus einem Gefäß, in welchem sie zusammengerollt liegt, über eine Rolle, nach Art eines Hebers, in ein tieferes Gefäß überfließen lassen. Ist die Kette sehr lang, der Niveauunterschied sehr groß, so kann die Geschwindigkeit sehr be-

deutend werden, und dann hat die Kette bekanntlich die Eigenschaft, jede Ausbiegung, die man ihr erteilt, frei in der Luft lange beizubehalten und durch diese Form hindurchzufließen. Alle diese Beispiele sind sehr dürftige Analogien der organischen Plastizität für Wiederholung von Vorgängen und von Reihen von Vorgängen.

Die vorausgehenden Betrachtungen sollen zeigen, daß ein physikalisches Verständnis des Gedächtnisses zwar nicht unerreichbar, daß wir von demselben aber noch sehr weit entfernt sind. Ohne Zweifel wird die Physik durch das Studium des Organischen noch bedeutend ihren Blick erweitern müssen, bevor sie dieser Aufgabe gewachsen sein wird. Gewiß ist der Reichtum des Gedächtnisses in der Wechselwirkung, dem Zusammenhang der Organe begründet. Allein ein Rudiment von Gedächtnis wird man wohl auch den Elementarorganismen zuschreiben müssen. Und da kann man nur daran denken, daß jeder chemische Vorgang im Organ Spuren zurückläßt, welche den Wiedereintritt desselben Vorganges begünstigen [1]).

4.

Es ist bekannt, daß in der Psychologie den Assoziationsgesetzen eine hervorragende Bedeutung zuerkannt wird. Diese Gesetze lassen sich auf ein einziges zurückführen, welches darin besteht, daß von zwei Bewußtseinsinhalten A, B, welche einmal gleichzeitig zusammentrafen, der eine, wenn er eintritt, den andern hervorruft. Das psychische Leben wird in der Tat viel verständlicher durch Erkenntnis dieses immer wiederkehrenden Grundzuges. Die Unterschiede des Gedankenlaufs, bei einfacher Erinnerung an Erlebtes, bei ernster Berufsbeschäftigung und beim freien Phantasieren oder wachen Träumen, werden leicht begreiflich durch die begleitenden Umstände [2]). Doch wäre es eine Verkehrt-

1) Ein ansprechender Versuch einer chemischen Theorie des Gedächtnisses auf grund der Ostwaldschen Vorstellungen über Katalyse findet sich in dessen Vorlesungen über Naturphilosophie, 1902, S. 369 u. f.

2) Erkenntnis und Irrtum, 1905, S. 29 u. f.

heit, alle (S. 165) psychischen Vorgänge auf während des individuellen Lebens erworbene Assoziationen zurückführen zu wollen. Die Psyche tritt uns in keiner Phase als eine ‚tabula rasa' entgegen. Man müßte mindestens neben den erworbenen Assoziationen auch angeborene Assoziationen annehmen. Die angeborenen Triebe [1]), welche der introspektiven, auf sich selbst beschränkten Psychologie als solche Assoziationen erscheinen müßten, führt der Biologe auf angeborene organische Verbindungen, insbesondere Nervenverbindungen, zurück. Es empfiehlt sich daher zu versuchen, ob nicht alle Assoziationen [2]), auch die individuell erworbenen, auf angeborenen, beziehungsweise durch Gebrauch verstärkten Verbindungen beruhen. Jedenfalls darf man aber auch fragen, ob die Vorgänge, für deren Verbindung in hochdifferenzierten Organismen sich eigene Bahnen gebildet haben, nicht vielmehr das Primäre, schon in niederen Organismen Bestehende sind, deren wiederholtes Zusammentreffen zur Bildung jener Bahnen führt [3]). Gewiß kann eine rationelle Psychologie mit den temporären Assoziationen nicht auskommen. Sie muß berücksichtigen, daß auch fertige Verbindungsbahnen bestehen. Dann muß auch die Möglichkeit spontan, nicht durch Assoziation auftretender psychischer Prozesse zugegeben werden, welche die benachbarten Teile des Nervensystems erregen und bei großer Heftigkeit auch auf das ganze Nerven-

1) Am auffallendsten, weil in der Zeit voller psychischer Entwicklung und Beobachtungsfähigkeit eintretend, zeigen sich die ersten Äußerungen des Geschlechtstriebes. Ein vollkommen glaubwürdiger, sehr wahrheitsliebender Mann erzählte mir, er habe als ganz unverdorbener und unerfahrener 16jähriger Bursche die auffallende plötzliche körperliche Veränderung, die er beim Anblick einer dekolletierten Dame mit Bestürzung an sich wahrnahm, für eine Krankheit gehalten, über welche er einen Kollegen konsultierte. Der ganze Komplex von ihm durchaus neuen Empfindungen und Gefühlen, die sich da auf einmal offenbarten, hatte überhaupt einen starken Zusatz von Schrecken.

2) H. E. Ziegler, Theoretisches zur Tierphysiologie und vergleichenden Neurophysiologie. (Biol. Zentralblatt, Leipzig 1900, Bd. 20, Nr. 1.)

3) Denkt man sich das organische Leben als einen dynamischen Gleichgewichtszustand mehrerer chemischer Komponenten-Phasen, in welchem durch Störung einer Komponente im allgemeinen auch die übrigen gestört werden, so kann man hoffen, nicht nur das Gedächtnis, sondern auch die Assoziation chemisch zu begreifen. Vgl. die Anm. 1 S. 195 und den Text S. 82.

system sich verbreiten. Die Halluzinationen einerseits und die Reflexbewegungen anderseits sind Beispiele aus dem sinnlichen und motorischen Gebiet, welchen Analoga auf andern Gebieten entsprechen dürften.

5.

Die Ansichten über die Wechselwirkung der Teile des Zentralnervensystems scheinen einer bemerkenswerten Wandlung entgegenzugehen, wie dies Loeb[1]) auf Grund eigener Arbeiten und jener von Goltz und Ewald darlegt. Hiernach sind die Tropismen der Tiere von jenen der Pflanzen nicht wesentlich verschieden; und die Nerven gewähren im ersteren Falle nur den Vorteil einer rascheren Reizleitung. Das Leben des Nervensystems wird auf segmentale Reflexe, die Koordination der Bewegungen auf gegenseitige Erregung und Reizleitung, die Instinkte werden auf Kettenreflexe zurückgeführt. Der Schnappreflex des Frosches löst z. B. den Schluckreflex aus. Komplizierte organisierte Zentren werden nicht angenommen, sondern das Gehirn selbst wird als eine Anordnung von Segmenten betrachtet. In allen diesen Ansichten liegt, soweit ich dies beurteilen kann, ein glückliches und bedeutsames Streben, sich von unnötig verwickelten, mit Metaphysik durchsetzten Annahmen zu befreien. Nur darin kann ich Loeb nicht beistimmen, daß er in Darwins phylogenetischen Forschungen über die Instinkte eine fehlerhafte Einseitigkeit sieht, welche fallen zu lassen und durch physikalisch-chemische Untersuchung zu ersetzen wäre. Gewiß lag letztere Darwin fern. Gerade dadurch gewann er aber den freien Blick für seine eigenartigen großen Entdeckungen, die kein Physiker als solcher hätte machen können. Wir streben ja überall, wo es möglich ist, nach physikalischer Einsicht, nach Erkenntnis des unmittelbaren („kausalen") Zusammenhanges. Es fehlt aber sehr viel daran, daß diese schon überall erreichbar wäre. Und in solchen Fällen andere fruchtbare Gesichtspunkte, die man immerhin als

1) Loeb, Vergleichende Physiologie des Gehirns. Leipzig 1899.

provisorische ansehen mag, aufzugeben, würde jedenfalls eine andere und sehr folgenschwere Einseitigkeit sein. Die Dampfmaschine kann, wie Loeb sagt, nur physikalisch verstanden werden. Die einzelne gegebene Dampfmaschine, ja! Wenn es sich aber darum handelt, die gegenwärtigen Formen der Dampfmaschine zu verstehen, dann reicht dies nicht. Die ganze Geschichte der technischen und sozialen Kultur, nicht minder die geologischen Voraussetzungen, müssen heran. Jedes einzelne dieser Momente mag ja zuletzt physikalisch verständlich werden, klärt uns aber auch auf, lange bevor dies erreicht ist[1]).

6.

Denke ich mir, daß während ich empfinde, ich selbst oder ein anderer mein Gehirn mit allen physikalischen und chemischen Mitteln beobachten könnte, so würde es möglich sein zu ermitteln, an welche Vorgänge des Organismus Empfindungen von bestimmter Art gebunden sind. Dann könnte auch die oft aufgeworfene Frage, wie weit die Empfindung in der organischen Welt reicht, ob die niedersten Tiere, ob die Pflanzen empfinden, wenigstens nach der Analogie, ihrer Lösung näher geführt werden. So lange diese Aufgabe auch nicht in einem einzigen Spezialfall gelöst ist, kann hierüber nicht entschieden werden. Zuweilen wird auch gefragt, ob die (unorganische) „Materie" empfindet. Wenn man von den geläufigen verbreiteten physikalischen Vorstellungen ausgeht, nach welchen die Materie das unmittelbar und zweifellos gegebene Reale ist, aus welcher sich alles, Unorganisches und Organisches, aufbaut, so ist die Frage natürlich. Die Empfindung muß ja dann in diesem Bau irgendwie plötzlich entstehen, oder von vornherein in den Grundsteinen vorhanden sein. Auf unserm Standpunkt ist die Frage eine Verkehrtheit. Die Materie ist für uns nicht das erste Gegebene. Dies sind vielmehr die Elemente (die in gewisser bekannter Beziehung als Empfindungen bezeichnet werden). Jede wissenschaftliche Aufgabe, die für ein menschliches Individuum einen Sinn haben kann,

1) Loeb, a. a. O. S. 130.

bezieht sich auf Ermittelung der Abhängigkeit der Elemente von einander. Auch was wir im vulgären Leben Materie nennen, ist eine bestimmte Art des Zusammenhanges der Elemente. Die Frage nach der Empfindung der Materie würde also lauten: ob eine bestimmte Art des Zusammenhanges der Elemente (die in gewisser Beziehung auch immer Empfindungen sind) empfindet? In dieser Form wird die Frage niemand stellen wollen[1]). Alles, was für uns Interesse haben kann, muß sich bei Verfolgung der allgemeinen Aufgabe ergeben. Wir fragen nach den Empfindungen der Tiere, wenn deren sinnlich beobachtetes Verhalten durch diese verständlicher wird. Nach Empfindungen des Krystalls zu fragen, die keine weitere Aufklärung über dessen sinnlich vollkommen bestimmtes Verhalten geben, hat keinen praktischen und keinen wissenschaftlichen Sinn.

1) Vgl. populär-wissenschaftliche Vorlesungen, 3. Aufl. 1903, S. 242.

XII. Die Zeitempfindung[1]).

1.

Viel schwieriger als die Raumempfindung ist die Zeitempfindung zu untersuchen. Manche Empfindungen treten mit, andere ohne deutliche Raumempfindung auf. Die Zeitempfindung begleitet aber jede andere Empfindung und kann von keiner gänzlich losgelöst werden. Wir sind also bei der Untersuchung darauf angewiesen, auf die Variationen der Zeitempfindung zu achten. Zu dieser psychologischen Schwierigkeit gesellt sich noch die andere, daß die physiologischen Prozesse, an welche die Zeitempfindung geknüpft ist, noch weniger bekannt sind, tiefer und verborgener liegen als die andern Empfindungen entsprechenden Prozesse. Die Analyse muß sich also vorzugsweise auf die psychologische Seite beschränken, ohne von der physischen, wie dies in anderen Sinnesgebieten wenigstens teilweise möglich ist, entgegenzukommen.

Die wichtige Rolle, welche die zeitliche Ordnung der Elemente in unserm psychischen Leben spielt, braucht kaum besonders betont zu werden. Diese Ordnung ist fast noch bedeutender als die räumliche. Die Umkehrung der zeitlichen Ordnung entstellt einen Vorgang noch viel mehr, als die Umkehrung einer Raumgestalt von oben nach unten. Sie macht aus dem-

---

1) Der Standpunkt, den ich hier einnehme, ist nur wenig verschieden von jenem meiner „Untersuchungen über den Zeitsinn des Ohres" (Sitzgber. der Wiener Akademie, Bd. 51, 1865). Auf die Einzelheiten dieser älteren Versuche, die ich schon 1860 begonnen habe, will ich hier nicht wieder zurückkommen. Auch das reiche Material kann hier nicht diskutiert werden, welches sich durch die Arbeiten von Meumann, Münsterberg, Schumann, Nichols, Hermann u. a. ergeben hat. Vgl. Scripture, The new Psychology, London 1897, p. 170. — Ergänzende Ausführungen s. in „Erkenntnis und Irrtum", 1905, S. 415 u. f.

selben geradezu ein anderes, neues Erlebnis. Deshalb werden die Worte einer Rede, eines Gedichtes, nur in der erlebten Ordnung reproduziert und nicht auch in der umgekehrten, in welcher sie im allgemeinen einen ganz andern, oder gar keinen Sinn haben. Kehrt man gar durch umgekehrtes Lautieren, oder durch umgekehrten Gang des Phonographen die ganze akustische Folge um, so erkennt man nicht einmal mehr die Wortbestandteile der Rede wieder. Nur an die bestimmte Lautfolge eines Wortes knüpfen sich bestimmte Erinnerungen, und nur wenn dieselben der Wortfolge entsprechend in bestimmter Ordnung geweckt werden, fügen sie sich zu einem bestimmten Sinn zusammen [1]). Aber auch eine Tonfolge, eine einfache Melodie, bei welcher die Gewohnheit und die Assoziation jedenfalls eine sehr geringe Rolle spielen, wird durch die zeitliche Umkehrung unkenntlich. Die zeitliche Folge selbst sehr elementarer Vorstellungen oder Empfindungen gehört mit zu deren Erinnerungsbild.

Faßt man die Zeit als Empfindung auf, so befremdet es weniger, daß in einer Reihe, welche in der Ordnung *ABCDE* ablief, irgend ein Glied, z. B. *C*, bloß die nachfolgenden, nicht aber die vorhergehenden in die Erinnerung ruft. So taucht ja auch das Erinnerungsbild eines Gebäudes nicht mit dem Dach nach unten gekehrt auf. Übrigens scheint es nicht einerlei zu sein, ob nach einem Organ *A* das Organ *B* erregt wird, oder umgekehrt. Es dürfte hierin ein physiologisches Problem liegen, mit dessen Lösung erst das volle Verständnis der fundamentalen psychologischen Tatsache des Ablaufs der Reproduktionsreihen in einem bestimmten Sinne gegeben wäre [2]). Möglich, daß

---

1) Vgl. R. Wallaschek, Psychologie und Pathologie der Vorstellung. Leipzig 1905, insbesondere: das Ganze und seine Teile, S. 15 u. f.

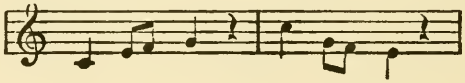
2) Vielleicht sind die nervösen Elemente nicht nur mit einer dauernden angeborenen polaren Orientierung behaftet, wie dies durch die abwärts laufende Welle im Darm, in der Muskulatur der Schlange, durch die galvanotropischen Erscheinungen wahrscheinlich wird, sondern sie sind vielleicht auch einer temporären erworbenen Polarität fähig, wie sich dies in der Einhaltung der Zeitfolge im Gedächtnis, in der Übung usw. ausspricht. Vgl. Loeb und Maxwell, Zur Theorie des Galvanotropismus. Pflügers Archiv, Bd. 63, S. 121. — Loeb, Vergleichende Gehirnphysiologie, S. 108 u. ff.

diese Tatsache damit zusammenhängt, daß die Erregung, je nach dem Anfangspunkt, in welchem sie in den Organismus eintritt auf ganz verschiedenen Wegen sich fortpflanzt, ähnlich wie dies für physikalische Fälle durch die Betrachtung S. 76 und die Fig. 12 erläutert wurde. Wenn selbst in einem ganz homogenen Protoplasma zwei Erregungen von zwei distanten Punkten ausgehend, sich gleichmäßig ausbreiten, so treffen dieselben näher an dem später erregten Punkte zusammen. Die Ordnung der Erregung kann also selbst in den einfachsten Fällen nicht gleichgiltig sein.

Einem Ton *C* folge ein Ton *D*. Der Eindruck ist ein ganz anderer, als wenn *C* auf *D* folgt. Das liegt großenteils an den Tönen selbst, an ihrer Wechselwirkung. Denn macht man die Pause zwischen beiden Tönen genügend groß, so unterscheidet man möglicher Weise beide Fälle gar nicht mehr. Analoges kann man bei der Folge von Farben, oder überhaupt von Empfindungen beliebiger Sinnesgebiete beobachten. Wenn aber einem Ton *A* eine Farbe oder ein Geruch *B* folgt, so weiß man doch immer, daß *B* auf *A* gefolgt ist, wobei die Schätzung der Pause zwischen *A* und *B* auch ganz unwesentlich durch deren Qualität beeinflußt ist. Es muß also nebenher noch ein Prozeß stattfinden, der von der Variation der Empfindungsqualität nicht affiziert wird, der von derselben ganz unabhängig ist, und an dem wir die Zeit schätzen. Man kann ja eine Art Rhythmus aus ganz heterogenen Empfindungen, Tönen, Farben, Tasteindrücken u. s. w. herstellen.

2.

Daß es eine besondere spezifische Zeitempfindung gibt, scheint mir hiernach nicht zweifelhaft. Der gleiche Rhythmus der beiden nebenstehenden Takte von gänzlich verschiedener



Tonfolge wird unmittelbar erkannt. Dies ist nicht Sache des Verstandes oder der Überlegung, sondern der Empfindung.

So wie sich uns verschieden gefärbte Körper von gleicher Raumgestalt darstellen können, so finden wir hier zwei akustisch verschieden gefärbte Tongebilde von gleicher Zeitgestalt. So wie wir in dem einen Fall die gleichen Raumempfindungsbestandteile unmittelbar herausfühlen, so bemerken wir hier die gleichen Zeitempfindungsbestandteile oder die Gleichheit des Rhythmus.

Ich behaupte natürlich die unmittelbare Zeitempfindung nur bezüglich kleiner Zeiten. Längere Zeiten beurteilen wir und schätzen wir durch die Erinnerung an die in denselben stattgehabten Vorgänge, also durch Zerlegung in kleinere Teile, von welchen wir eine unmittelbare Empfindung hatten.

3.

Wenn ich eine Anzahl akustisch vollkommen gleicher Glockenschläge höre, unterscheide ich den ersten, zweiten, dritten u. s. w. Sind es vielleicht die begleitenden Gedanken oder andere zufällige Empfindungen, mit welchen die Glockenschläge sich verknüpfen, die diese Unterscheidungsmerkmale abgeben? Ich glaube nicht, daß jemand ernstlich diese Ansicht wird aufrecht erhalten wollen. Wie zweifelhaft und unzuverlässig müßte da unser Zeitmaß ausfallen. Wohin müßte es geraten, wenn jener zufällige Gedanken- und Empfindungshintergrund aus dem Gedächtnis verschwinden würde.

Während ich über irgend etwas nachdenke, schlägt die Uhr, die ich nicht beachte. Nachdem sie ausgeschlagen hat, kann es mich interessieren, die Glockenschläge zu zählen. Und in der Tat tauchen in meiner Erinnerung deutlich ein, zwei, drei, vier Glockenschläge auf, während ich ganz dieser Erinnerung meine Aufmerksamkeit zuwende, und mir gerade dadurch für den Augenblick gänzlich entschwindet, worüber ich während des Schlagens der Uhr nachgedacht habe. Der vermeintliche Hintergrund, auf dem ich die Glockenschläge fixieren könnte, fehlt mir nun. Wodurch unterscheide ich also den zweiten Schlag vom ersten? Warum halte ich nicht alle die gleichen Schläge für einen? Weil

jeder mit einer besonderen Zeitempfindung verknüpft ist, die mit ihm zugleich auftaucht. Ein Erinnerungsbild unterscheide ich von einer Ausgeburt meiner Phantasie ebenfalls durch eine spezifische Zeitempfindung, welche nicht jene des gegenwärtigen Augenblickes ist.

4.

Da die Zeitempfindung immer vorhanden ist, solange wir bei Bewußtsein sind, so ist es wahrscheinlich, daß sie mit der notwendig an das Bewußtsein geknüpften organischen Konsumtion zusammenhängt, daß wir die Arbeit der Aufmerksamkeit als Zeit empfinden. Bei angestrengter Aufmerksamkeit wird uns die Zeit lang, bei leichter Beschäftigung kurz. In stumpfem Zustand, wenn wir unsere Umgebung kaum beachten, fliegen die Stunden rasch dahin. Wenn unsere Aufmerksamkeit gänzlich erschöpft ist, schlafen wir. Im traumlosen Schlaf fehlt auch die Empfindung der Zeit. Der Tag von gestern ist mit dem von heute, wenn zwischen beiden ein tiefer Schlaf liegt, die gleichbleibenden Gemeingefühle abgerechnet, nur durch ein intellektuelles Band, verknüpft.

Auf das wahrscheinlich verschiedene Zeitmaß verschieden großer Tiere derselben Art habe ich schon bei früherer Gelegenheit hingewiesen[1]). Aber auch mit dem Alter scheint sich das Zeitmaß zu ändern. Wie kurz erscheint mir jetzt der Tag gegen jenen meiner Jugendzeit. Und wenn ich mich an den Sekundenschlag der astronomischen Uhr erinnere, welche ich in der Jugend beobachtete, so erscheint mir dieser Sekundenschlag jetzt merklich beschleunigt. Ich kann mich des Eindrucks nicht erwehren, daß meine physiologische Zeiteinheit größer geworden ist.

Die Ermüdung des Bewußtseinsorgans schreitet, solange wir wachen, kontinuierlich fort, und die Arbeit der Aufmerksamkeit wächst ebenso stetig. Die Empfindungen, welche an eine größere Arbeit der Aufmerksamkeit geknüpft sind, erscheinen uns als die späteren.

1) Zeitsinn des Ohres, S. 17.

Normale wie anormale psychische Vorkommnisse scheinen sich dieser Auffassung wohl zu fügen. Da die Aufmerksamkeit sich nicht zugleich auf zwei verschiedene Sinnesorgane erstrecken kann, so können deren Empfindungen nicht mit einer absolut gleichen Aufmerksamkeitsarbeit zusammentreffen. Die eine erscheint also später als die andere. Ein solches Analogon dieser sogenannten persönlichen Differenz der Astronomen ergibt sich aber aus dem analogen Grunde auch in einem und demselben Sinnesgebiet. Es ist bekannt, daß ein optischer Eindruck, der physisch später entsteht, unter Umständen dennoch früher erscheinen kann. Es kommt z. B. vor, daß der Chirurg beim Aderlassen zuerst das Blut austreten, und dann den Schnepper einschlagen sieht[1]). Dvořák[2]) hat in einer Versuchsreihe, die er vor Jahren auf meinen Wunsch ausgeführt hat, gezeigt, daß sich dieses Verhältnis willkürlich herstellen läßt, indem das mit Aufmerksamkeit fixierte Objekt (selbst bei einer wirklichen Verspätung von $^1/_8$—$^1/_6$ Sekunde) früher erscheint als das indirekt gesehene. Es ist wohl möglich, daß sich die bekannte Erfahrung der Chirurgen durch diesen Umstand aufklären läßt. Die Zeit aber, welche die Aufmerksamkeit benötigt, um von einem Orte, an dem sie beschäftigt wird, nach einem anderen zu wandern, zeigt sich in folgendem von mir angestellten Versuch[3]). Zwei intensiv rote Quadrate von 2 cm Seite und 8 cm Abstand auf schwarzem Grunde werden in völliger Dunkelheit durch einen für das Auge gedeckten elektrischen Funken beleuchtet. Das direkt gesehene Quadrat erscheint rot, das indirekt gesehene grün, und zwar oft sehr intensiv. Die verspätete Aufmerksamkeit findet also das indirekt gesehene Quadrat schon in dem Stadium des Purkinjeschen positiven Nachbildes vor. Auch eine Geißler-

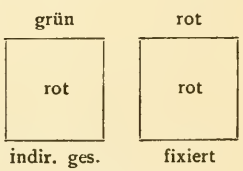


Fig. 34.

1) Vgl. Fechner, Psychophysik. Leipzig 1860. Bd. 2, S. 433.

2) Dvořák, Über Analoga der persönlichen Differenz zwischen beiden Augen und den Netzhautstellen desselben Auges. Sitzungsberichte der königl. böhm. Gesellschaft der Wissenschaften (math.-naturw. Klasse) vom 8. März 1872.

3) Von Dvořák a. a. O. mitgeteilt.

sche Röhre mit zwei etwas voneinander entfernten rot leuchtenden Teilen zeigt beim Hindurchgehen einer einzelnen Entladung dieselbe Erscheinung[1]).

In Bezug auf die Einzelheiten muß ich auf die Abhandlung von Dvořák verweisen. Besonders interessant sind Dvořáks[2]) Versuche über die stereoskopische (binokulare) Kombination ungleichzeitiger Eindrücke. Neuere Versuche dieser Art haben Sandford[3]) und Münsterberg[4]) angestellt.

5.

Wiederholt habe ich ein interessantes hierher gehöriges Phänomen beobachtet. Ich saß, in die Arbeit vertieft, in meinem Zimmer, während in einem Nebenzimmer Versuche über Explosionen angestellt wurden. Regelmäßig geschah es nun, daß ich zuerst erschreckt zusammenzuckte, und nachher erst den Knall hörte.

Da im Traum die Aufmerksamkeit besonders träge ist, so kommen in diesem Falle die sonderbarsten Anachronismen vor, und jeder hat wohl solche Träume erlebt. Wir träumen z. B. von einem Mann, der auf uns losstürzt und schießt, erwachen plötzlich, und bemerken den Gegenstand, der durch seinen Fall den ganzen Traum erzeugt hat. Es hat nun nichts Widersinniges, anzunehmen, daß der akutische Reiz verschiedene Nervenbahnen zugleich einschlägt, und hier in beliebiger verkehrter Ordnung von der Aufmerksamkeit angetroffen wird, so wie ich bei der obigen Beobachtung zuerst die allgemeine Erregung, und dann den Explosionsknall bemerkte. Freilich wird es in manchen Fällen zur Erklärung auch ausreichen, ein Verweben einer Sinnesempfindung in ein vorher schon vorhandenes Traumbild anzunehmen.

---

1) Auch Professor G. Heymans, dem dieser letztere Versuch anfangs nicht gelingen wollte, hat sich später von der Richtigkeit der Angabe überzeugt.

2) a. a. O. S. 2.

3) Sandford, Amer. Journ. Psych., 1894, Vol. VI, p. 576.

4) Münsterberg, Psych. Rev., 1894, Vol. I, p. 56.

6.

Würde die Konsumtion oder etwa die Anhäufung eines Ermüdungsstoffes unmittelbar empfunden, so müßte man ein Rückwärtsgehen der Zeit im Traum erwarten. Diese Schwierigkeit besteht nicht, wenn Konsumtion und Restitution als heterodrome Prozesse im Sinne Paulis (vergl. S. 56) aufgefaßt werden. — Die Sonderbarkeiten des Traumes lassen sich fast alle darauf zurückführen, daß manche Empfindungen und Vorstellungen gar nicht, andere zu schwer und zu spät ins Bewußtsein treten. Trägheit der Assoziation ist ein Grundzug des Traumes. — Der Intellekt schläft oft nur teilweise. Man spricht im Traume sehr vernünftig mit längst verstorbenen Personen, erinnert sich aber nicht ihres Todes. Ich spreche zu einem Freunde von einer dritten Person, und dieser Freund ist selbst die Person, von der ich sprach. Man reflektiert im Traume über den Traum, erkennt ihn als Traum an den Sonderbarkeiten, ist aber gleich wieder über dieselben beruhigt. — Mir träumte sehr lebhaft von einer Mühle. Das Wasser floß in einem geneigten Kanal von einer Mühle herab und hart daneben in einem eben solchen Kanal zur Mühle hinauf. Ich war dadurch gar nicht beunruhigt. — Als ich viel mit Raumfragen beschäftigt war, träumte mir von einem Spaziergang im Walde. Plötzlich bemerkte ich die mangelhafte perspektivische Verschiebung der Bäume und erkannte daran den Traum Sofort traten aber auch die vermißten Verschiebungen ein. — Im Traum sah ich in meinem Laboratorium ein mit Wasser gefülltes Becherglas, in dem ruhig ein Kerzenlicht brannte. „Woher bezieht das den Sauerstoff?“ dachte ich. „Der ist im Wasser absorbiert.“ „Wo kommen die Verbrennungsgase hin?“ Nun stiegen Blasen von der Flamme im Wasser auf, und ich war beruhigt. — W. Robert[1]) macht die vortreffliche Beobachtung, daß es hauptsächlich Wahrnehmungen und Gedanken sind, die man wegen einer Störung bei Tage nicht zu Ende führen konnte,

1) W. Robert, Über den Traum. Hamburg 1886.

welche im Traume sich fortspinnen. In der Tat findet man häufig die Traumelemente in den Erlebnissen des vorausgehenden Tages. So konnte ich den Traum von dem Licht im Wasser fast mit Sicherheit auf einen Vorlesungsversuch mit dem elektrischen Kohlenlicht unter Wasser, jenen von der Mühle auf die Versuche mit dem Apparat Fig. 18, S. 117 zurückführen[1]). In meinen Träumen spielen Gesichtshalluzinationen die Hauptrolle. Seltener habe ich akustische Träume. Ich höre jedoch deutlich Unterredungen im Traume, Glockengeläute und Musik[2]). Jeder Sinn, selbst der Geschmacksinn, macht sich, wenn auch seltener, im Traume geltend. Da im Traume die Reflexerregbarkeit sehr gesteigert, das Gewissen aber wegen der trägen Assoziation sehr geschwächt ist, so ist der Träumende fast eines jeden Verbrechens fähig, und kann im Stadium des Erwachens die ärgsten Qualen durchkosten. Wer solche Erlebnisse auf sich wirken läßt, wird sehr zweifeln, daß die Methode unserer Gerechtigkeit die richtige ist, ein Unglück durch ein zweites gut zu machen, welches in empörend besonnener, grausamer und feierlicher Weise hinzugefügt wird. — Ich möchte die Gelegenheit nicht vorbeigehen lassen, dem Leser das vortreffliche Buch von M. de Manacéïne zu empfehlen[3]). Was über das Unzureichende der temporären Assoziationen zur Erklärung des psychischen Lebens S. 165, 195, 196 gesagt wurde, gilt auch für den Traum. Es kommt noch hinzu, daß im Traum die leisesten Spuren des für das wache Bewußtsein längst Vergessenen, die geringsten Störungen der Gesundheit und des Gemütslebens, welche vor dem Lärm des Tages in den Hintergrund treten mußten, sich geltend machen können. Du Prel vergleicht in seiner „Philosophie der Mystik“ (1885, S. V, 123) diesen Vorgang poetisch und wahr zugleich mit dem Sichtbarwerden des schwach leuchtenden Sternenhimmels nach Untergang der Sonne. Das genannte Buch enthält überhaupt

---

1) Prinzipien der Wärmelehre, 2. Aufl., 1900, S. 444.

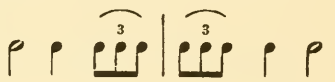
2) Wallaschek, Das musikalische Gedächtnis. Vierteljahrsschr. f. Musikwissensch., 1882, S. 204.

3) M. de Manacéïne, Sleep, its Physiology etc. London 1897.

manche bemerkenswerte und tiefe Blicke. Gerade der Naturforscher, dessen kritischer Sinn auf das zunächst Erforschbare gerichtet ist, liest dasselbe mit Vergnügen und Gewinn, ohne sich durch die Neigung des Verfassers für das Abenteuerliche, Wunderbare und Außerordentliche beirren zu lassen.

7.

Wenn die Zeitempfindung an die wachsende organische Konsumtion oder an die ebenfalls stetig wachsende Arbeit der Aufmerksamkeit gebunden ist, so wird es verständlich, warum die physiologische Zeit ebenso wie die physikalische Zeit nicht umkehrbar ist, sondern nur in einem Sinne abläuft. Die Konsumtion und Aufmerksamkeitsarbeit kann, solange wir wachen, nur wachsen und nicht abnehmen. Die beiden nebenstehenden Takte, welche für das Auge und den Verstand eine Symmetrie darbieten,



zeigen nichts Derartiges in Bezug auf die Zeitempfindung. Im Gebiete des Rhythmus und der Zeit überhaupt gibt es keine Symmetrie.

8.

Es möchte wohl eine naheliegende und natürliche, wenn auch noch unvollkommene Vorstellung sein, sich das „Bewußtseinsorgan“ in geringem Grade aller spezifischen Energien fähig zu denken, von welchen jedes Sinnesorgan nur einige aufzuweisen vermag. Daher das Schattenhafte und Vergängliche der Vorstellung gegenüber der Sinnesempfindung, durch welche letztere die erstere stets genährt und aufgefrischt werden muß. Daher die Fähigkeit des Bewußtseinsorgans, als Verbindungsbrücke zwischen allen Empfindungen und Erinnerungen zu dienen. Mit jeder spezifischen Energie des Bewußtseinsorgans hätten wir uns noch eine besondere Energie, die Zeitempfindung, verbunden zu denken, so daß keine der ersteren ohne die letztere erregt werden kann. Sollte es scheinen, daß

diese letztere physiologisch müßig und nur ad hoc erdacht sei, so könnte man ihr sofort eine wichtige physiologische Funktion zuweisen. Wie wäre es, wenn diese Energie den die arbeitenden Hirnteile nährenden Blutstrom unterhalten, an seinen Bestimmungsort leiten und regulieren würde? Unsere Vorstellung von der Aufmerksamkeit und Zeitempfindung würde dadurch eine sehr materielle Basis erhalten. Es würde verständlich, daß es nur eine zusammenhängende Zeit gibt, da die Teilaufmerksamkeit auf einen Sinn immer nur aus der Gesamtaufmerksamkeit fließt und durch diese bedingt ist.

Die plethysmographischen Arbeiten von Mosso, sowie dessen Beobachtungen über den Blutkreislauf im Gehirn[1]), legen eine solche Auffassung nahe. James[2]) äußert sich über die hier ausgesprochene Vermutung vorsichtig zustimmend. Eine bestimmtere, ausgeführtere Form derselben, die James als wünschenswert bezeichnet, könnte ich leider nicht angeben.

9.

Wenn wir eine Anzahl gleicher Glockenschläge beobachten, so können wir, solange sie in geringer Anzahl gegeben sind, jeden einzelnen von den andern in der Erinnerung unterscheiden, und können in der Erinnerung nachzählen. Bei einer größern Zahl von Glockenschlägen aber unterscheiden wir zwar die letzten von einander, doch nicht mehr die ersten. Wollen wir in diesem Fall keinem Irrtum unterliegen, so müssen wir beim Erklingen derselben zählen, d. h. jeden Schlag willkürlich mit einem Ordnungszeichen verknüpfen. Die Erscheinung ist ganz analog derjenigen, welche wir im Gebiet des Raumsinns beobachten, und wird auch nach demselben Prinzip zu erklären sein. Wenn wir vorwärts schreiten, haben wir zwar die Empfindung, daß wir uns von einem Ausgangspunkt entfernen,

---

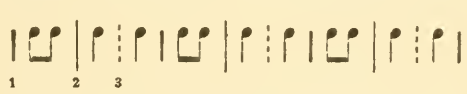
1) Mosso, Kreislauf des Blutes im Gehirn. Leipzig 1881. — Vgl. auch: Kornfeld, Über die Beziehung von Atmung und Kreislauf zur geistigen Arbeit. Brünn 1896.

2) James, Psychology, I, 635.

allein das physiologische Maß dieser Entfernung geht nicht proportional dem geometrischen. So schrumpft auch die abgelaufene physiologische Zeit perspektivisch zusammen, und ihre einzelnen Elemente werden weniger unterscheidbar [1]).

10.

Wenn eine besondere Zeitempfindung existiert, so ist es selbstverständlich, daß die Identität zweier Rhythmen unmittelbar erkannt wird. Wir dürfen aber nicht unbemerkt lassen, daß derselbe physikalische Rhythmus physiologisch sehr verschieden erscheinen kann, ebenso wie derselben physikalischen Raumgestalt je nach deren Lage verschiedene physiologische Raumformen entsprechen können. Der durch nebenstehende Noten veranschau-



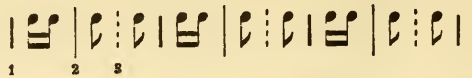
lichte Rhythmus erscheint z. B. ganz verschieden, je nachdem man die kurzen dicken, oder die langen dünnen, oder die punktierten Vertikalstriche als Taktstriche ansieht. Es hängt dies augenscheinlich damit zusammen, daß die Aufmerksamkeit (durch die Betonung geleitet) bei 1, 2 oder 3 einsetzt, d. h. daß die den aufeinander folgenden Schlägen entsprechenden Zeitempfindungen mit verschiedenen Anfangsempfindungen verglichen werden.

Bei Verlängerung oder Verkürzung aller Zeiten eines Rhythmus entsteht ein ähnlicher Rhythmus. Als solcher empfunden kann derselbe nur werden, wenn die Verlängerung oder Verkürzung nicht über ein gewisses Maß hinausgeht, das eben der unmittelbaren Zeitempfindung gesteckt ist.

Der im folgenden dargestellte Rhythmus erscheint dem vorigen physiologisch ähnlich; aber nur dann, wenn in beiden die gleichbezeichneten Taktstriche anerkannt werden, wenn also die Aufmerksamkeit in homologen Zeitpunkten einsetzt. Zwei

1) Vgl. S. 110.

physikalische Zeitgebilde können als ähnlich bezeichnet werden, wenn alle Teile des einen in demselben Verhältnis zueinander



stehen, wie die homologen Teile des andern. Die physiologische Ähnlichkeit tritt aber erst hervor, wenn auch die obige Bedingung erfüllt ist. So viel ich übrigens zu beurteilen vermag, erkennt man die Zeitverhältnisse zweier Rhythmen nur dann als gleich, wenn dieselben durch sehr kleine ganze Zahlen dargestellt sind. Eigentlich bemerkt man also unmittelbar nur die Gleichheit oder Ungleichheit zweier Zeiten, und erkennt das Verhältnis im letztern Fall nur dadurch, daß ein Teil in dem andern einfach aufgeht. Hiedurch erklärt es sich, warum man beim Taktgeben die Zeit in lauter durchaus gleiche Teile teilt[1]).

Es wird hiermit die Vermutung nahe gelegt, daß die Empfindung der Zeit mit periodisch oder rhythmisch sich wiederholenden Prozessen in nahem Zusammenhange steht. Es wird sich aber kaum nachweisen lassen, wie es gelegentlich versucht worden ist, daß sich das allgemeine Zeitmaß auf die Atmung oder den Puls gründet. Diese Fragen sind jedenfalls nicht so einfacher Natur. Rhythmisch verlaufen viele Vorgänge natürlich auch im Leibe der Tiere, ohne daß man diesen einen besonders empfindlichen Sinn für Zeit, Rhythmus und Takt zuschreiben dürfte. Wenn bei meiner Wohnung ein Zweigespann vorbeifährt, so kann ich lange und weithin das Koinzidieren und Alternieren der Hufschläge der beiden Pferde in ganz regelmäßigen Perioden hören. Jedes Pferd hält also seinen eigenen Takt fest, ohne sich um jenen des anderen Pferdes zu kümmern, und ohne sich demselben anzupassen. Dieses Verhalten wäre zusammengespannten Menschen beinahe unerträglich. Wallaschek erwähnt des mangelnden Taktgefühls der Pferde und auch der Schwierigkeit, den Schein desselben bei Zirkusproduktionen aufrecht zu halten. Grob

1) Die Ähnlichkeit der Raumgestalten würde hiernach viel unmittelbarer empfunden als die Ähnlichkeit der Rhythmen.

körperliche Vorgänge sind es kaum, auf welchen das Taktgefühl unmittelbar beruht. Dasselbe dürfte vielmehr auf eine größere psychische Empfindlichkeit zurückzuführen sein, vermöge welcher ein geringfügiger psychischer Umstand die Aufmerksamkeit bestimmt, einen sonst gleichgültigen Vorgang zu beachten. Bei aufmerksamer Beobachtung taktmäßiger Vorgänge, welche stets ein leises Mittun oder Nachahmen ist, werden aber die psychischen und schließlich auch die grob leiblichen Funktionen selbst taktmäßig[1]).

Auch Herr Dr. R. Wlassak hat mir bei Gelegenheit eines Gespräches eine Bemerkung mitgeteilt, die ich mit seinen eigenen Worten wiedergeben will:

„Mit der Hypothese, daß die Zeitempfindung von der organischen Konsumtion abhängig ist, steht es in Einklang, daß die Zeitwerte überall da zu starker Abhebung gelangen, wo die Empfindungen mit lebhafter Gefühlsbetonung verbunden sind. Dies gilt sowohl für mit stark lustvollen wie auch mit unlustvollen Empfindungen ausgefüllte Zeitstrecken. Dagegen sind die in den Indifferenzwerten der Gefühlsbetonung sich bewegenden Empfindungen mit relativ undeutlichen Zeitempfindungen verknüpft. Diese Tatsachen weisen darauf hin, daß der den Zeitempfindungen und den Gefühlen zugehörige nervöse Vorgang gewisse Analogien darbietet.

In der Tat bringen alle Versuche einer physiologischen Theorie der Gefühle diese in Beziehung zur Konsumtion, z. B. Meynerts und auch Avenarius' Theorie der Gefühle."

1) Wallaschek, Anfänge der Tonkunst, Leipzig 1903, S. 270, 271. Dieses Buch, eine bereicherte illustrierte deutsche Ausgabe eines englischen Buches desselben Verfassers („Primitive Music", London 1903) enthält überhaupt sehr wertvolle Beobachtungen zu den in diesem und in dem folgenden Kapitel behandelten Fragen.

XIII. Die Tonempfindungen[1]).

1.

Auch in bezug auf die Tonempfindungen müssen wir uns vorzugsweise auf die psychologische Analyse beschränken. Es kann hier ebenfalls nur der Anfang einer Untersuchung geboten werden.

Zu den für uns wichtigsten Tonempfindungen gehören diejenigen, welche durch das menschliche Stimmorgan als Aeußerungen von Lust und Schmerz, zur sprachlichen Mitteilung von Gedanken als Ausdruck des Willens u. s. w. erregt werden, Das Stimmorgan und das Gehörorgan befinden sich auch zweifellos in enger Beziehung. In einfachster und deutlichster Weise enthüllen die Tonempfindungen ihre merkwürdigen Eigenschaften in der Musik. Wille, Gefühl, Lautäußerung und Lautempfindung stehen gewiß in einem starken physiologischen Zusammenhang. Es wird auch ein guter Teil Wahrheit darin stecken, wenn Schopenhauer[2]) sagt, daß die Musik den Willen darstelle, wenn die Musik als eine Sprache des Gefühls bezeichnet wird, u. s. w., doch kaum die ganze Wahrheit.

---

1) Den hier dargelegten Standpunkt habe ich (von der Detailausführung abgesehen) schon um 1865 eingenommen. Stumpf (Tonpsychologie, Leipzig 1883, Bd. 1), dem ich für die vielfache Berücksichtigung meiner Arbeiten hier danken muß, bringt manche mir sehr sympathische Einzelheiten. Seine S. 119 ausgesprochene Ansicht schien mir aber mit meinem Forschungsprinzip des Parallelismus unvereinbar. Seine gegen Lipps gerichtete Bemerkung jedoch (Beiträge zur Akustik, Bd. 1, S. 47, Fußnote) steht meiner Auffassung wieder näher. — Vgl. meine Note: „Zur Analyse der Tonempfindungen", Sitzungsber. d. Wiener Akademie, Bd. 92, II. Abt., S. 1282 (1895).

2) Schopenhauer, Die Welt als Wille und Vorstellung.

2.

H. Berg[1]) hat, um es kurz zu sagen, nach dem Vorgange Darwins versucht, die Musik aus dem Brunstgeheul der Affen herzuleiten. Man müßte verblendet sein, wenn man das Verdienstvolle und Aufklärende der Ausführungen Darwins und Bergs verkennen wollte. Auch heute noch kann die Musik sexuelle Saiten berühren, auch heute noch wird sie zur Liebeswerbung tatsächlich benutzt. Auf die Frage aber, worin das Angenehme der Musik liegt, gibt Berg keine befriedigende Antwort. Und da er musikalisch auf dem Helmholtzschen Standpunkt der Vermeidung der Schwebungen steht und annimmt, daß die am wenigsten unangenehm heulenden Männchen den Vorzug erhielten, so darf man sich vielleicht wundern, warum die klügsten dieser Tiere nicht lieber ganz schwiegen.

Wenn die Beziehung irgend einer biologischen Erscheinung zur Arterhaltung aufgedeckt und dieselbe phylogenetisch hergeleitet wird, so ist damit viel getan. Keineswegs darf man aber glauben, daß auch schon alle die Erscheinung betreffenden Probleme gelöst seien. Niemand wird wohl das Angenehme der spezifischen Wollustempfindung dadurch erklären wollen, daß er deren Zusammenhang mit der Arterhaltung nachweist. Viel eher wird man zugeben, daß die Art erhalten wird, weil die Wollustempfindung angenehm ist. Mag die Musik immerhin unsern Organismus an die Liebeswerbungen der Urahnen erinnern; wenn sie zur Werbung benutzt wurde, mußte sie schon positiv Angenehmes enthalten, welches gegenwärtig allerdings durch jene Erinnerung verstärkt werden kann. Wenn der Geruch einer verlöschenden Öllampe mich fast jedesmal in angenehmer Weise an die Laterna magica erinnert, die ich als Kind bewunderte, so ist dies ein ähnlicher Fall aus dem individuellen Leben. Doch riecht darum die Lampe an sich nicht weniger abscheulich. Und wer durch Rosenduft an ein angenehmes Erlebnis erinnert wird,

1) H. Berg, Die Lust an der Musik. Berlin 1879.

glaubt darum nicht, daß der Rosenduft nicht schon vorher angenehm gewesen sei. Derselbe hat durch die Assoziation nur gewonnen[1]). Kann nun die erwähnte Auffassung schon das Angenehme der Musik überhaupt nicht genügend erklären, so vermag sie zur Beantwortung von Spezialfragen, wie z. B., warum in einem gegebenen Fall eine Quarte einer Quinte vorgezogen wird, wohl noch weniger beizutragen.

3

Man würde überhaupt die Tonempfindungen etwas einseitig beurteilen, wenn man nur das Gebiet der Sprache und Musik berücksichtigen wollte. Die Tonempfindungen vermitteln nicht allein die Mitteilung, die Äußerung von Lust und Schmerz, die Unterscheidung der Stimmen von Männern, Frauen, Kindern. Sie bieten nicht allein Merkzeichen der Anstrengung, der Leidenschaft des Sprechenden oder Rufenden. Wir unterscheiden durch dieselben auch große und kleine schallende Körper, die Tritte großer und kleiner Tiere. Gerade die höchsten Töne, welche das Stimmorgan des Menschen nicht selbst erzeugt, sind für die Beurteilung der Richtung, aus welcher der Schall kommt, mutmaßlich sehr wichtig[2]). Ja diese letztern Funktionen der Tonempfindungen sind wahrscheinlich in der Tierwelt älter als diejenigen, welche erst im geselligen Leben der Tiere eine Rolle spielen. Wie man sich durch Neigung eines Kartonblattes vor dem Ohr überzeugen kann, werden nur jene Geräusche, welche sehr hohe Töne enthalten, das Sausen und Zischen einer Gasflamme, eines Dampfkessels oder Wasserfalles, je nach der Lage des Kartonblattes durch Reflexion modifiziert, während tiefe Töne ganz unbeeinflußt bleiben. Die beiden Ohrmuscheln können also

---

1) Auf die Bedeutung der Assoziation für die Ästhetik hat namentlich Fechner hingewiesen.

2) Mach, Bemerkungen über die Funktion der Ohrmuschel. (Tröltschs Archiv für Ohrenheilkunde, N. F. Bd. 3, S. 72.) — Vgl. auch Mach und Fischer, Die Reflexion und Brechung des Schalles. Pogg. Ann., Bd. 149, S. 221. — A. Steinhauser, Theorie des binaurealen Hörens. Wien 1877.

nur durch ihre Wirkung auf hohe Töne als Richtungszeiger verwendet werden [1]).

4.

Den wesentlichen Fortschritt in bezug auf die Analyse der Gehörsempfindungen, welcher durch Helmholtz [2]) in Fortführung der gewichtigen Vorarbeiten [3]) von Sauveur, Rameau, R. Smith, Young, Ohm u. a. bewirkt worden ist, wird jedermann freudig anerkennen. Wir erkennen mit Helmholtz das Geräusch als eine Kombination von Tönen, deren Zahl, Höhe und Intensität mit der Zeit variiert. In dem Klange hören wir mit dem Grundton n im allgemeinen noch die Obertöne oder Partialtöne $2n$, $3n$, $4n$ usw., deren jeder einfachen pendelförmigen Schwingungen entspricht. Werden zwei Klänge, deren Grundtönen die Schwingungszahlen n und m entsprechen, melodisch und harmonisch verbunden, so kann bei bestimmten Verhältnissen [4]) von n und m teilweise Koïnzidenz der Partialtöne eintreten, wodurch im ersteren Falle die Verwandtschaft der Klänge bemerklich, im zweiten Falle eine Verminderung der Schwebungen herbeigeführt wird. Alles dies wird nicht zu bestreiten sein, wenn es auch nicht als erschöpfend anerkannt wird.

Ebenso zustimmend kann man sich gegenüber Helmholtz' physiologischer Theorie des Hörens verhalten. Durch die Beobachtungen, welche sich beim Zusammenhang einfacher Töne ergeben, wird es äußerst wahrscheinlich, daß der Reihe der

---

1) Ich hatte Gelegenheit zu beobachten, wie zahme Hamster, welche gegen tiefe und laute Geräusche ganz unempfindlich waren, jedesmal plötzlich erschreckt und ungestüm in ihr Versteck fuhren, sobald man durch Reiben von Stroh oder Zerknittern von Papier ein hohes Geräusch hervorbrachte. Auch einige Monate alte Kinder sind für solche Geräusche sehr empfindlich.

2) Helmholtz, Die Lehre von den Tonempfindungen, 1. Aufl., Braunschweig 1863.

3) Vgl. „Zur Geschichte der Akustik" in „Populärwissenschaftliche Vorlesungen, S. 48.

4) Der p^{te} Partialton von n fällt mit dem q^{ten} von m zusammen, wenn $p\,n = q\,m$, also $m = \frac{p}{q}\,n$ ist. Hierbei sind p, q ganze Zahlen.

Schwingungszahlen eine Reihe von Nervenendorganen entspricht, so daß für die verschiedenen Schwingungszahlen verschiedene Endorgane vorhanden sind, von welchen jedes nur auf einige wenige einander naheliegende Schwingungszahlen anspricht; Helmholtz' physikalische Vorstellungen über die Funktion des Labyrinths haben sich dagegen als nicht haltbar erwiesen, worauf wir noch zurückkommen.

5.

Nach einem besonderen Gehörorgan für Geräusch zu suchen, scheint für jeden, der mit Helmholtz annimmt, daß alle Geräusche sich in länger oder kürzer anhaltende Tonempfindungen auflösen lassen, vorläufig überflüssig. Von dieser Inkonsequenz ist Helmholtz auch bald wieder zurückgekommen. Mit der Frage nach der Beziehung des Geräusches (insbesondere des Knalles) zum Ton habe ich mich vor langer Zeit (Winter 1872/73) beschäftigt und gefunden, daß sich alle Übergänge zwischen beiden aufweisen lassen. Ein Ton von 128 ganzen Schwingungen, den man durch den kleinen Ausschnitt einer großen, langsam rotierenden Scheibe hört, schrumpft zu einem kurzen trockenen Schlag (oder schwachen Knall) von sehr undeutlicher Tonhöhe zusammen, wenn seine Dauer auf 2—3 Schwingungen reduziert wird, während bei 4—5 Schwingungen die Höhe noch ganz deutlich ist. Anderseits bemerkt man an einem Knall, selbst wenn derselbe von einer aperiodischen Luftbewegung herrührt (Funkenwelle, explodierende Knallgasblase), bei genügender Aufmerksamkeit eine Tonhöhe, wenngleich keine sehr bestimmte. Man überzeugt sich auch leicht, daß an einem von der Dämpfung befreiten Klavier durch große explodierende Knallgasblasen vorzugsweise die tiefen, durch kleine die hohen Saiten zum Mitschwingen erregt werden. Hiedurch scheint es mir nachgewiesen, daß dasselbe Organ die Ton- und die Geräuschempfindung vermitteln kann. Man wird sich vorzustellen haben, daß eine schwächere, kurz dauernde aperiodische Luftbewegung alle, aber vorzugsweise die kleinen, leichter erregbaren, eine stärkere,

längere anhaltende auch die größeren trägeren Endorgane erregt, welche dann bei ihrer geringeren Dämpfung, länger ausschwingend, sich bemerklich machen, und daß selbst bei verhältnismäßig schwachen periodischen Luftbewegungen durch Häufung der Effekte an einem bestimmten Gliede der Reihe der Endorgane die Reizung hervortritt[1]). Qualitativ ist die Empfindung, welche ein tiefer oder hoher Knall erregt, dieselbe, nur intensiver und von kürzerer Dauer, als diejenige, welche das Niederdrücken einer großen Anzahl benachbarter Klaviertasten in tiefer oder hoher Lage erregt. Auch fallen bei der einmaligen Reizung durch Knall die an die periodische intermittierende Reizung gebundenen Schwebungen weg.

6.

Helmholtz' Arbeit, welche bei ihrem Auftreten zunächst allgemeiner Bewunderung begegnete, erfuhr in späteren Jahren vielfache kritische Angriffe, und es scheint fast, als ob die anfängliche Überschätzung dem Gegenteil gewichen wäre. Physiker, Physiologen und Psychologen hatten ja durch beinahe vier Dezennien Zeit, die drei Seiten, welche diese Theorie darbietet, zu mustern, und es wäre wohl ein Wunder gewesen, wenn sie die schwachen Stellen nicht erspäht hätten. Ohne auf Vollständigkeit Anspruch zu machen, wollen wir nun die hauptsächlichsten kritischen Bedenken in Augenschein nehmen, zunächst die von physikalischer und physiologischer Seite vorgebrachten unter einem, dann jene der Psychologen.

Helmholtz hat, von psychologischen und physikalischen Gesichtspunkten geleitet, angenommen, daß das innere Ohr aus einem System von Resonatoren besteht, welches die Glieder der

---

1) Über einen Teil meiner Versuche, die an Dvoráks Experimente über Nachbilder von Reizänderungen (1870) anknüpften, habe ich berichtet, in „Lotos", Augustnummer 1873. Die Versuche, betreffend die Erregung der Klaviertöne durch Explosionen, habe ich überhaupt noch nirgends erwähnt. Es wird vielleicht nicht unnütz sein, wenn es hier geschieht. — Dieselben Fragen haben später Pfaundler, S. Exner, Auerbach, Brücke, W. Kohlrausch, Abraham und Brühl u. A., und zwar von verschiedenen Gesichtspunkten aus, ausführlich behandelt.

Fourierschen Reihe, die der dargebotenen Schwingungsform entspricht, als Teiltöne heraushört. Nach dieser Auffassung kann auch das Phasenverhältnis der Teilschwingungen auf die Empfindung keinen Einfluß üben. Dem entgegen versuchte der hochverdiente Akustiker König[1]) nachzuweisen, daß durch die bloße Phasenverschiebung der pendelförmigen Teilschwingungen der sinnliche Eindruck (die Klangfarbe) geändert werde. Aber L. Hermann[2]) konnte zeigen, daß bei Umkehrung des Bewegungssinnes am Phonographen keine Änderung der Klangfarbe sich ergibt. Nach Hermann erzeugen auch die einzelnen sinusförmigen Streifen der Königschen Wellensirene keine einfachen Töne, und Königs Schlüsse gründeten sich also auf eine nicht zutreffende Voraussetzung[3]). Diese Schwierigkeit kann demnach als beseitigt gelten.

Nicht so leicht sind die Erscheinungen der Kombinationstöne vom Helmholtzschen Standpunkt aufzuklären. Young nahm an, daß genügend rasche Schwebungen selbst als Töne hörbar, d. h. zu Kombinationstönen werden. Da aber kein Resonator durch Schwebungen erregt werden kann, auf deren Tempo er gestimmt ist, sondern nur durch Töne, so könnten Kombinationstöne nach der Resonanztheorie nicht hörbar sein. Helmholtz setzte also voraus, daß Kombinationstöne entweder objektiv durch kräftige Töne vermöge der Abweichung von der Linearität der Bewegungsgleichungen, oder subjektiv durch asymmetrische oder nichtlineare Schwingungsbedingungen der

1) R. König, Quelques expériences d'acoustique. Paris 1882.

2) L. Hermann, Zur Lehre von der Klangwahrnehmung. Pflügers Archiv, Bd. 56 (1894), S. 467.

3) Ich habe schon 1867 Versuche angestellt mit einer eigentümlichen Sirene, welche einem der Königschen Apparate sehr ähnlich war. Die Mantelringe eines Zylinders trugen paarweise gleiche gegen einander verschiebbare sinusförmige Ausschnitte, so daß man Intensität und Phase des betreffenden Teiltones beliebig ändern konnte. Es zeigte sich jedoch bei diesen Versuchen, daß die sinusförmigen Ausschnitte keine einfachen Töne gaben, wenn durch eine der Sinusordinate parallele Spalte gegen dieselben geblasen wurde. Da mein Apparat noch ziemlich unvollkommen war und seinem Zweck, einen Klang aus Teiltönen von beliebiger Intensität und Phase zusammensetzen, nach dem Obigen nicht entsprach, so habe ich nichts über diese Versuche publiziert.

resonierenden Theile des inneren Ohres zu erklären seien. Nun konnte König[1]) die Existenz von objektiven Kombinationstönen nicht nachweisen, fand dagegen auch zwischen weit abstehenden Tönen Schwebungen, welche jedesmal bei genügend rascher Folge als besondere Töne hörbar wurden. Hermann[2]) vernahm Kombinationstöne bei so schwachen zusammenwirkenden Tönen, daß erstere nach der Helmholtzschen Theorie sowohl objektiv als subjektiv ganz unerklärbar scheinen. Deshalb reagiert auch nach Hermanns Ansicht, der sich hierin der Königschen anschließt, das Ohr nicht nur auf sinusförmige Schwingungen, sondern auf jede Art von Periodizität mit einer durch die Dauer der Periode bestimmten Empfindung.

Die physikalische Resonanztheorie scheint, wenigstens in der ursprünglichen Form, nicht haltbar; Hermann[3]) glaubt sie aber durch eine physiologische Resonanztheorie ersetzen zu können. Auf diese, sowie auf die neue physikalische Hörtheorie von Ewald kommen wir noch zurück.

7.

Wir besprechen nun die Einwendungen, welche vorzugsweise von psychologischen Gesichtspunkten ausgehen. Ziemlich allgemein hat man das positive Moment bei Erklärung der Konsonanz vermißt, indem man sich mit dem bloßen Mangel an Schwebungen als zureichendem Merkmal der Harmonie

---

1) König, a. a. O. Schon nach Königs Beschreibung, der sehr starke Stimmgabeltöne verwendete, mußte ich vermuten, daß bei den von ihm beobachteten Schwebungen vielfach die Obertöne ins Spiel kamen. Die Mitwirkung solcher Obertöne hat nun Stumpf wirklich nachgewiesen (Wiedemanns Annalen, N. F. Bd. 57, S. 660). Von dieser Seite ist also die Helmholtzsche Theorie sicher. Allein bedenklich ist es, daß objektive Kombinationstöne nicht existieren (König, Hermann) und daß die subjektiven unter Umständen entstehen, welche mit der Helmholtzschen Theorie nicht vereinbar sind (Hermann). Vgl. auch M. Meyer, Zur Theorie der Differenztöne und der Gehörsempfindungen überhaupt (Zeitschr. f. Psychologie, Bd. 16, S. 1).

2) Hermann, Zur Theorie der Kombinationstöne. Pflüger's Archiv, Bd. 49 (1891), S. 499.

3) Hermann, Pflüger's Archiv, Bd. 56, S. 493.

nicht zufrieden geben wollte. Auch A. v. Oettingen[1]) vermißt die Angabe des für jedes Intervall charakteristischen positiven Elementes (S. 30) und will den Wert eines Intervalles nicht von der physikalischen Zufälligkeit des Gehaltes der Klänge an Obertönen abhängig machen. Er glaubt das positive Element in der Erinnerung (S. 40, 47) an den gemeinsamen Grundton (die Tonica) zu finden, als dessen Partialtöne die Klänge des Intervalles oft aufgetreten sind, oder in der Erinnerung an den gemeinsamen Oberton (die Phonica), welcher beiden zukommt. In bezug auf den negativen Teil der Kritik muß ich v. Oettingen vollkommen beistimmen. Die „Erinnerung" deckt aber das Bedürfnis der Theorie nicht, denn Konsonanz und Dissonanz sind nicht Sache der Vorstellung, sondern der Empfindung. Physiologisch halte ich also v. Oettingens Auffassung für nicht zutreffend. In v. Oettingens Aufstellung des Prinzipes der Dualität aber (der tonischen und phonischen Verwandtschaft der Klänge), sowie in seiner Auffassung der Dissonanz als eines mehrdeutigen Klanges (S. 244) scheinen mir wertvolle positive Leistungen zu liegen[2]).

8.

Sehr eingehend hat Stumpf in verschiedenen Schriften die Helmholtzsche Lehre kritisiert[3]). Er beanstandet zunächst die zwei verschiedenen Definitionen, durch Wegfall der Schwebungen und durch Koinzidenz der Partialtöne, die Helmholtz von der Konsonanz gibt. Die erstere sei bei melodischer Folge,

1) A. v. Oettingen, Harmoniesystem in dualer Entwicklung. Dorpat 1866.

2) Eine populäre Darstellung des Prinzips der Dualität, welches schon Euler (Tentamen novae theoriae musicae p. 103), D'Alembert (Eléments de musique, Lyon 1766) und Hauptmann (Die Natur der Harmonik und Metrik, Leipzig 1853) geahnt haben, findet sich in meiner kleinen Schrift: Die Gestalten der Flüssigkeit. Die Symmetrie, Prag 1872 (Popul.-wissensch. Vorl., 3. Aufl., S. 110). — An eine vollwertige Symmetrie wie im Gebiete des Gesichtssinnes darf natürlich im Gebiete der Musik, da die Tonempfindungen selbst kein symmetrisches System bilden, nicht gedacht werden.

3) Wir halten uns hier vor allem an Stumpf, Beiträge zur Akustik und Musikwissenschaft, Heft 1, Leipzig 1898.

die letztere bei harmonischer Verbindung nicht anwendbar und nicht charakteristisch. Ein nach Art der Schwebungen intermittierender reiner Dreiklang ist keine Dissonanz. Anderseits lassen sich Beispiele von Zusammenklang weit abliegender Töne geben, bei welchen die Schwebungen unmerklich werden, und die dennoch stark dissonieren. Verteilt man zwei Stimmgabeltöne auf beide Ohren, so treten die Schwebungen jedenfalls sehr zurück, ohne daß der Unterschied zwischen Konsonanz und Dissonanz geringer würde. Auch subjektiv gehörte Töne, etwa des Ohrenklingens, kann man als Dissonanzen empfinden, ohne natürlich Schwebungen zu hören. Endlich erweisen sich bloß vorgestellte Töne als konsonant und dissonant, ohne daß hierbei die Vorstellung der Schwebungen eine wesentliche Rolle spielen würde. Die Koinzidenz der Partialtöne endlich fällt weg, wo keine Obertöne vorhanden sind, ohne daß deshalb der Unterschied zwischen Dissonanz und Konsonanz verschwinden würde. Von den Ausführungen Stumpfs gegen die Erklärung der Konsonanz durch unbewußtes Zählen, welche wohl nur mehr wenige Anhänger finden wird, wollen wir absehen[1]). Ebenso wird man gern zugeben, daß die Annehmlichkeit keine hinreichend charakteristische Eigenschaft der Konsonanz ist. Dieselbe kann unter Umständen ebensowohl der Dissonanz zukommen.

Stumpf selbst findet das Charakteristische der Konsonanz darin, daß sich der Zusammenklang beider Töne bald mehr bald weniger dem Eindruck eines Tones nähert. Er definiert die Konsonanz durch die „Verschmelzung". Er kehrt sozusagen zu den antiken Ansichten zurück, von welchen er eine ausführliche Geschichte[2]) gibt. Auch Helmholtz ist diese Auffassung nicht fremd; er diskutiert dieselbe, glaubt aber allerdings die erste

---

1) Solche wurden versucht von Leibniz, Euler, in neuerer Zeit von Oppel, dann von Lipps (Psychologische Studien 1885) und endlich in umfangreichen Schriften von A. J. Polak (Über Zeiteinheit in bezug auf Konsonanz, Harmonie und Tonalität, Leipzig 1900, — Über Tonrhythmik und Stimmführung, Leipzig 1902, — Die Harmonisierung indischer, türkischer und japanischer Melodien, Leipzig 1905).

2) C. Stumpf, Geschichte des Konsonanzbegriffes, I. Teil. Abhandl. der Münchener Akademie, phil.-hist. Kl., 1897.

richtige Erklärung des Verschmelzens der Klänge gegeben zu haben.

Daß bei Konsonanz eine Verschmelzung der Töne stattfindet, zeigt Stumpf durch statistische Versuche. Unmusikalische halten gleichzeitig angegebene Töne desto öfter für einen, je besser dieselben konsonieren. Das Bedürfnis, die Verschmelzung weiter zu erklären, leugnet Stumpf nicht. Verschmelzen die Töne durch Ähnlichkeit, so muß dieselbe eine andere sein, als diejenige, auf welcher die Reihenfolge der Töne beruht, denn die letztere nimmt mit dem Abstand der Töne stetig ab. Da ihm aber ein solches zweites Ähnlichkeitsverhältnis rein hypothetisch scheint, so zieht er es vor, an eine physiologische Erklärung anderer Art zu denken. Die Gehirnprozesse beim gleichzeitigen Empfinden zweier Töne von einfacherem Schwingungszahlenverhältnis sollen in einer engeren Beziehung (in spezifischer Synergie) stehen, als wenn das Schwingungszahlenverhältnis komplizierter ist[1]). Auch aufeinander folgende Töne können verschmelzen. Obgleich die homophone Musik der polyphonen historisch vorausgeht, hält es Stumpf doch für wahrscheinlich, daß die Auswahl der Tonstufen auch für erstere durch Erfahrungen beim gleichzeitigen Hören der Töne geleitet war. In allem Wesentlichen wird man der Stumpfschen Kritik zustimmen müssen.

9.

Ich selbst habe schon in einer 1863[2]) erschienenen Abhandlung und auch später[3]) einige kritische Bemerkungen über die Helmholtzsche Theorie gemacht, und 1866 in einer kurz vor der Oettingenschen erschienenen kleinen Schrift[4]) sehr bestimmt

1) C. Stumpf, Beiträge zur Akustik, Heft 1, S. 50.

2) Mach, Zur Theorie des Gehörorgans. Sitzungsberichte der Wiener Akademie, 1863.

3) Vgl. meine: Bemerkungen zur Lehre vom räumlichen Sehen. Fichtes Zeitschrift für Philosophie, 1865. (Popul.-wissensch. Vorl., S. 117,)

4) Einleitung in die Helmholtzsche Musiktheorie. Graz 1866. S. d. Vorwort und SS. 23 fg., 46, 88.

einige Forderungen bezeichnet, welchen eine vollständigere Theorie zu genügen hätte. Weitere Ausführungen habe ich in der ersten Auflage dieser Schrift (1886) gegeben.

Gehen wir von der Vorstellung aus, daß eine Reihe von physikalisch oder physiologisch abgestimmten Endorganen existiert, deren Glieder bei steigender Schwingungszahl nacheinander im Maximum ansprechen, und schreiben wir jedem Endorgan seine besondere (spezifische) Energie zu. Dann gibt es so viele spezifische Energieen als Endorgane und ebensoviele für uns durch das Gehör unterscheidbare Schwingungszahlen.

Wir unterscheiden aber nicht bloß die Töne, wir ordnen sie auch in eine Reihe. Wir erkennen von drei Tönen verschiedener Höhe den mittleren ohne weiteres als solchen. Wir empfinden unmittelbar, welche Schwingungszahlen einander näher, welche ferner liegen. Das ließe sich für naheliegende Töne noch leidlich erklären. Denn wenn wir die Schwingungsweiten, die einem bestimmten Ton zukommen, symbolisch durch die Ordinaten der Kurve *abc*, Figur 35, darstellen, und diese Kurve uns allmählich im Sinne des Pfeiles verschoben denken, so werden naheliegenden Tönen, weil stets mehrere Organe zugleich ansprechen, auch immer schwache gemeinsame Reizungen zukommen. Allein auch ferner liegende Töne haben eine gewisse Ähnlichkeit, und auch an dem höchsten und tiefsten Ton erkennen wir noch eine solche. Nach dem uns leitenden Forschungsgrundsatze müssen wir also in allen Tonempfindungen gemeinsame Bestandteile annehmen. Es kann also nicht so viele spezifische Energieen geben, als es unterscheidbare Töne gibt. Für das Verständnis der Tatsachen, die wir hier zunächst im Auge haben, genügt die Annahme von nur zwei Energieen, die

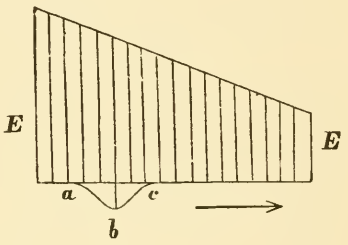


Fig. 35.

durch verschiedene Schwingungszahlen in verschiedenem Verhältnis ausgelöst werden. Eine weitere Zusammensetzung der Tonempfindungen ist aber durch diese Tatsachen nicht ausgeschlossen und wird durch die später zu besprechenden Erscheinungen sehr wahrscheinlich.

Die aufmerksame psychologische Analyse der Tonreihe führt unmittelbar zu dieser Ansicht. Aber auch wenn man für jedes Endorgan zunächst eine besondere Energie annimmt, und bedenkt, daß diese Energieen einander ähnlich sind, also gemeinsame Bestandteile enthalten müssen, gelangt man auf denselben Standpunkt. Nehmen wir also an, nur um ein bestimmtes Bild vor uns zu haben, daß bei dem Übergang von den kleinsten zu den größten Schwingungszahlen die Tonempfindung ähnlich variiert wie die Farbenempfindung, wenn man vom reinen Rot, etwa durch allmähliche Zumischung von Gelb, zum reinen Gelb übergeht. Hiebei können wir die Vorstellung, daß für jede unterscheidbare Schwingungszahl ein besonderes Endorgan vorhanden ist, vollkommen aufrecht erhalten, nur werden durch verschiedene Organe nicht ganz verschiedene Energieen, sondern immer dieselben zwei in verschiedenem Verhältnis ausgelöst [1]).

10.

Wie kommt es nun, daß so viele gleichzeitig erklingende Töne unterschieden werden, und nicht zu einer Empfindung verschmelzen, daß zwei ungleich hohe Töne nicht zu einem Mischton von mittlerer Höhe zusammenfließen? Dadurch, daß dies tatsächlich nicht geschieht, ist die Ansicht, die wir uns zu bilden haben, weiter bestimmt. Wahrscheinlich verhält es sich ganz

1) Die Ansicht, daß auf verschiedene Schwingungszahlen verschiedene Endorgane ansprechen, ist durch die Schwebungen naheliegender Töne und andere von Helmholtz hervorgehobene Tatsachen zu wohlbegründet und für das Verständnis der Erscheinungen zu wertvoll, als daß sie wieder aufgegeben werden könnte. — Die hier dargelegte Ansicht benützt die (namentlich von Hering) bei Analyse der Farbenempfindungen gewonnenen Erfahrungen.

ähnlich, wie bei einer Reihe von Mischfarben von Rot und Gelb, welche an verschiedenen Stellen des Raumes auftreten, die ebenfalls unterschieden werden und nicht zu einem Eindruck zusammenfließen. In der Tat stellt sich eine ähnliche Empfindung ein, wenn man von der Beachtung eines Tones übergeht zur Beachtung eines anderen, wie beim Wandern eines fixierten Punktes im Sehfeld. Die Tonreihe befindet sich in einem Analogon des Raumes, in einem beiderseits begrenzten Raum von einer Dimension. der auch keine Symmetrie darbietet, wie etwa eine Gerade, die von rechts nach links senkrecht zur Medianebene verläuft. Vielmehr ist derselbe analog einer vertikalen Geraden, oder einer Geraden, welche in der Medianebene von vorn nach hinten verläuft. Während außerdem die Farben nicht an die Raumpunkte gebunden sind, sondern sich im Raum bewegen können, weshalb wir die Raumempfindungen so leicht von den Farbenempfindungen trennen, verhält es sich in Bezug auf die Tonempfindung anders. Eine bestimmte Tonempfindung kann nur an einer bestimmten Stelle des besagten eindimensionalen Raumes vorkommen, die jedesmal fixiert werden muß, wenn die betreffende Tonempfindung klar hervortreten soll. Man kann sich nun vorstellen, daß verschiedene Tonempfindungen in verschiedenen Teilen der Tonsinnsubstanz auftreten, oder daß neben den beiden Energieen, deren Verhältnis die Färbung der hohen und tiefen Töne bedingt, noch eine dritte, einer Innervation ähnliche besteht, welche beim Fixieren der Töne auftritt. Auch beides zugleich könnte stattfinden. Zur Zeit dürfte es weder möglich noch schon notwendig sein, hierüber zu entscheiden.

Daß das Gebiet der Tonempfindungen eine Analogie zum Raum darbietet, und zwar zu einem Raum, der keine Symmetrie aufweist, drückt sich schon unbewußt in der Sprache aus. Man spricht von hohen und tiefen Tönen, nicht von rechten und linken, wiewohl unsere Musikinstrumente letztere Bezeichnung sehr nahe legen.

II.

In einer meiner ersten Arbeiten[1]) habe ich die Ansicht vertreten, daß das Fixieren der Töne mit der veränderlichen Spannung des Tensor tympani zusammenhänge. Diese Ansicht kann ich meinen eigenen Beobachtungen und Experimenten gegenüber nicht aufrecht erhalten. Die Raumanalogie fällt hiermit jedoch nicht, sondern es ist nur das betreffende physiologische Element erst aufzufinden. Die Annahme, daß die Vorgänge im Kehlkopf (beim Singen) zur Bildung der Tonreihe beitragen, habe ich in der Arbeit von 1863 ebenfalls berührt, aber nicht haltbar gefunden. Das Singen ist zu äußerlich und zufällig mit dem Hören verbunden. Ich kann Töne weit über die Grenzen meiner Stimme hinaus hören und mir vorstellen. Wenn ich eine Orchesteraufführung mit allen Stimmen höre, oder wenn mir dieselbe als Halluzination entgegentritt, so kann ich mir unmöglich denken, daß mir das Verständnis des ganzen Stimmengewebes durch meinen einen Kehlkopf, der noch dazu gar kein geübter Sänger ist, vermittelt wird. Ich halte die Empfindungen, die man beim Hören von Musik gelegentlich zweifellos im Kehlkopf bemerkt, für nebensächlich, so wie ich mir in meiner musikalisch geübteren Zeit rasch zu jedem gehörten Klavier- oder Orgelstück nebenbei die gegriffenen Tasten vorstellte. Wenn ich mir Musik vorstelle, höre ich immer deutlich die Töne. Aus den die Musikaufführungen

1) Zur Theorie des Gehörorgans, 1863. — Durch gemeinschaftlich mit Kessel ausgeführte Versuche „über die Akkommodation des Ohres“ (Sitzb. der Wiener Akademie, Bd. 66, Abt. 3, Oktober 1872) gelang der Nachweis einer veränderlichen Stimmung und Resonanzfähigkeit des Gehörpräparates für verschiedene Töne, indem die Exkursionen der durch einen Schlauch zugeführten Schallschwingungen mikroskopisch beobachtet wurden. Eine derartige spontane Veränderung der Stimmung am lebenden Ohr nachzuweisen, gelang aber nicht bei Einleitung des Schalles und Beobachtung durch einen hierzu konstruierten Mikroskop-Ohrenspiegel. Ich bin aber später zweifelhaft geworden, ob die gewaltigen Schwingungen, die man so beobachtet, überhaupt maßgebend sind, da sie doch ohne Schaden kaum ungedämpft ins Labyrinth gelangen könnten. Solange man also nicht die Schwingungen am lebenden Ohr beim normalen Hören mit Sicherheit zu beobachten vermag, wird diese Frage kaum endgültig zu entscheiden sein. Eine Lichtinterferenzmethode könnte zum Ziele führen. Dieselbe müßte aber von besonders einfacher Form sein, um unter den schwierigen Verhältnissen des lebenden Ohres anwendbar zu sein.

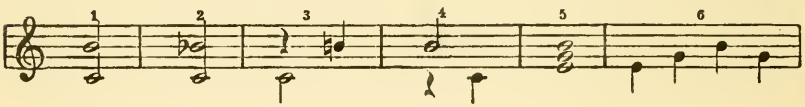
begleitenden motorischen Empfindungen allein wird keine Musik, so wenig der Taube, der die Bewegungen der Spieler im Orchester sieht, Musik hört. Ich kann also in diesem Punkte Strickers Ansicht nicht zustimmen. (Vergl. Stricker, Du langage et de la musique. Paris 1885.)

Anders muß ich mich zu Strickers Ansicht über die Sprache stellen (vergl. Stricker, Die Sprachvorstellungen, Wien 1880). Zwar tönt mir eine Rede, an die ich denke, voll ins Ohr, ich zweifle auch nicht, daß durch das Erklingen der Hausglocke, durch einen Lokomotivenpfiff usw. direkt Gedanken erregt werden können, daß kleine Kinder und selbst Hunde Worte verstehen, die sie nicht nachsprechen können; doch bin ich durch Stricker überzeugt worden, daß zwar nicht der einzig mögliche, aber der gewöhnliche uns geläufige Weg des Sprachverständnisses der motorische ist, und daß wir sehr übel daran sind, wenn uns dieser abhanden kommt. Ich kann selbst aus meiner Erfahrung Bestätigungen dieser Ansicht anführen. Fremde, die meiner Rede folgen wollen, sehe ich häufig leise die Lippen bewegen. Gibt mir jemand seine Wohnung an, und versäume ich den Straßennamen und die Hausnummer nachzusprechen, so vergesse ich die Adresse gewiß, behalte sie aber bei Gebrauch dieser Vorsicht im Gedächtnis. Ein Freund sagte mir kürzlich, er wolle das indische Drama „Urvasi“ nicht lesen, weil er die Namen nur mit Mühe zusammenbuchstabiere, und folglich nicht behalte. Der Traum des Taubstummen, von dem Stricker erzählt, ist überhaupt nur nach seiner Ansicht verständlich. — Bei ruhiger Überlegung ist dieses anscheinend paradoxe Verhältnis auch gar nicht so wunderbar. Wie sehr sich unsere Gedanken in gewohnten, einmal eingeübten Bahnen bewegen, zeigt die überraschende Wirkung eines Witzes. Gute Witze wären nicht so selten, wenn wir uns nicht vorzugsweise in ausgefahrenen Bahnen bewegen würden. Manchem fällt die naheliegende Nebenbedeutung eines Wortes gar nie ein. Und wer denkt, wenn er die Namen Schmied, Schuster, Schneider als Namen gebraucht, an die betreffenden Handwerke? — Um ein naheliegendes Beispiel aus einem anderen

Gebiete anzuführen, bringe ich in Erinnerung (vergl. S. 92), daß ich Spiegelschrift neben dem Original sofort als mit diesem symmetrisch-kongruent erkenne, ohne sie doch direkt lesen zu können, da ich die Schrift motorisch mit der rechten Hand erlernt habe. Daran kann ich am besten erläutern, warum ich Stricker nicht auch in Bezug auf Musik beistimme: Die Musik verhält sich zur Sprache, wie das Ornament zur Schrift.

12.

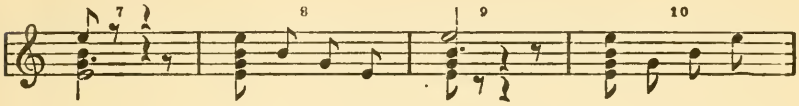
Die Analogie zwischen dem Fixieren von Raumpunkten und dem Fixieren von Tönen habe ich wiederholt durch Experimente erläutert, die ich hier nochmals anführen will. Dieselbe Kombination von zwei Tönen klingt verschieden, je nachdem man den einen oder den anderen beachtet. Die Kombinationen 1 und 2 haben einen merklich verschiedenen Charakter, je nachdem man den obern oder untern Ton fixiert. Wer die Aufmerksamkeit nicht willkürlich zu leiten vermag, helfe sich dadurch, daß er den einen Ton später eintreten läßt (3, 4). Dieser zieht dann die Auf-



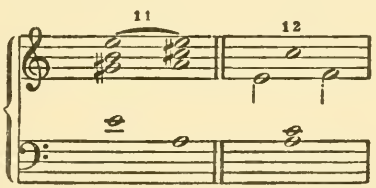
merksamkeit auf sich. Bei einiger Übung gelingt es, eine Harmonie (wie 5) in ihre Bestandteile aufzulösen, und diese (etwa wie bei 6) einzeln herauszuhören. Diese und die folgenden Experimente werden der anhaltenden Töne wegen besser und überzeugender mit der Physharmonika, als mit dem Klavier ausgeführt.

Besonders überraschend ist die Erscheinung, die eintritt, wenn man einen fixierten Ton in einer Harmonie erlöschen läßt. Die Aufmerksamkeit gleitet dann auf einen der nächstliegenden über, welcher mit einer Deutlichkeit auftaucht, als wenn er eben angeschlagen worden wäre. Der Eindruck des Experimentes ist ganz ähnlich demjenigen, den man erhält, wenn man, in die Arbeit vertieft, plötzlich den gleichmäßigen Schlag der Pendeluhr

auftauchen hört, der gänzlich aus dem Bewußtsein geschwunden war. Im letzteren Falle tritt das ganze Tongebiet über die Schwelle, während im ersteren ein Teil höher gehoben wird. Fixiert man z. B. in 7 die Oberstimme, während man von oben



nach unten fortschreitend einen Ton nach dem andern erlöschen läßt, so erhält man ungefähr den Eindruck 8. Fixiert man in 9 den tiefsten Ton und verfährt umgekehrt, so erhält man den Eindruck 10. Dieselbe Harmoniefolge klingt sehr verschieden, je nach der fixierten Stimme. Fixiere ich in 11 oder 12 die Oberstimme, so scheint sich nur die Klangfarbe zu ändern. Beachtet man aber in 11 den Baß, so scheint die ganze Klangmasse in die Tiefe zu fallen, dagegen zu steigen, wenn man in 12 den Schritt *e—f* beachtet. Es wird hierbei recht deutlich, daß Akkorde sich als Vertreter von Klängen verhalten können. Lebhaft erinnern diese Beobachtungen an den wechselnden Eindruck, den



man erhält, wenn man in einem Ornament bald diesen, bald jenen Punkt fixiert.

Es sei hier noch an das unwillkürliche Wandern der Aufmerksamkeit erinnert, welches beim (mehrere Minuten) anhaltenden gleichmäßigen Erklingen eines Harmoniumtones eintritt, wobei nach und nach alle Obertöne von selbst in voller Klarheit auftauchen[1]). Der Vorgang scheint auf eine Erschöpfung der Aufmerksamkeit für einen länger beobachteten Ton zu deuten. Diese

1) Vgl. meine „Einleitung in die Helmholtzsche Musiktheorie", S. 29.

Erschöpfung wird auch wahrscheinlich durch ein Experiment, welches ich an einem andern Orte ausführlicher beschrieben habe[1]).

Die hier dargelegten Verhältnisse im Gebiete der Tonempfindungen könnten etwa durch folgendes Bild veranschaulicht werden. Gesetzt, unsere beiden Augen wären nur einer einzigen Bewegung fähig, sie vermöchten nur die Punkte einer horizontalen, in der Medianebene liegenden Geraden durch wechselnde symmetrische Konvergenzstellung zu verfolgen, der nächste fixierte Punkt sei rein rot, der fernste, welcher der Parallelstellung entspricht, rein gelb, und dazwischen lägen alle Übergänge; so würde dieses System unserer Gesichtsempfindungen die Verhältnisse der Tonempfindungen sehr fühlbar nachahmen.

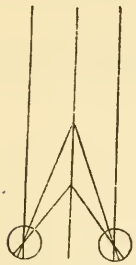


Fig. 36.

13.

Nach der bisher gewonnenen Ansicht bleibt eine in dem folgenden zu betrachtende wichtige Tatsache unverständlich, deren Erklärung aber von einer vollständigeren Theorie unbedingt gefordert werden muß. Wenn zwei Tonfolgen von zwei verschiedenen Tönen ausgehen und nach denselben Schwingungszahlenverhältnissen fortschreiten, so erkennen wir in beiden dieselbe Melodie ebenso unmittelbar durch die Empfindung, als wir an zwei geometrisch ähnlichen, ähnlich liegenden Gebilden die gleiche Gestalt erkennen. Gleiche Melodieen in verschiedener Lage können als Tongebilde von gleicher Tongestalt oder als ähnliche Tongebilde bezeichnet werden. Man kann sich überzeugen, daß dieses Erkennen nicht an die Verwendung geläufiger musikalischer Intervalle oder oft verwendeter einfacherer Schwingungszahlenverhältnisse gebunden ist. Wenn man an einer Violine oder überhaupt an einem mehrsaitigen Instrument,

1) Vgl. meine „Grundlinien der Lehre von den Bewegungsempfindungen", S. 58.

die einzelnen leeren Saiten in beliebige unharmonische Stimmung bringt, dann auf dem Griffbrett ein ganz beliebig in komplizierten Verhältnissen geteiltes Papier befestigt, so kann man dieselben Teilungspunkte in beliebiger Folge, erst auf der einen, dann auf den anderen Saiten greifen, oder schleifend verbinden. Obgleich nun das Gehörte gar keinen musikalischen Sinn hat, erkennt man auf jeder Saite dieselbe Melodie wieder. Das Experiment würde sich nicht überzeugender gestalten, wenn man die Teilung in irrationalen Verhältnissen vornehmen wollte. Dies gelingt ja in Wirklichkeit nur annähernd. Der Musiker könnte immer noch behaupten, er höre den bekannten musikalischen Intervallen nahe liegende oder zwischen denselben liegende. Nicht abgerichtete Singvögel bedienen sich nur ausnahmsweise der musikalischen Intervalle.

Schon bei einer Folge von nur zwei Tönen wird die Gleichheit des Schwingungszahlenverhältnisses unmittelbar erkannt, die Tonfolgen *c—f*, *d—g*, *e—a* usw., welche alle dasselbe Schwingungszahlenverhältnis (3 : 4) darbieten, werden alle unmittelbar als gleiche Intervalle, als Quarten erkannt. Dies ist die Tatsache in ihrer einfachsten Form. Das Merken und Wiedererkennen der Intervalle ist das Erste, was sich der angehende Musiker aneignen muß, wenn er mit seinem Gebiet vertraut werden will.

E. Kulke hat in einer kleinen, sehr lesenswerten Schrift[1]) eine hierauf bezügliche Mitteilung über die originelle Unterrichtsmethode von P. Cornelius gemacht, die ich hier nach Kulkes mündlicher Mitteilung noch ergänzen will. Um die Intervalle leicht zu erkennen, ist es nach Cornelius zweckmäßig, sich einzelne Tonstücke, Volkslieder usw. zu merken, welche mit diesen Intervallen beginnen. Die Tannhäuser-Ouvertüre beginnt z. B. mit einer Quart. Höre ich eine Quarte, so bemerke ich sofort, daß die Tonfolge der Beginn der Tannhäuser-Ouvertüre sein könnte, und erkenne daran das Intervall. Ebenso kann die

1) E. Kulke, Über die Umbildung der Melodie. Ein Beitrag zur Entwicklungslehre. Prag (Calve) 1884.

Fidelio-Ouvertüre No. 1 als Repräsentant der Terz verwendet werden, usw. Dieses vortreffliche Mittel, welches ich bei akustischen Demonstrationen erprobt und sehr wirksam gefunden habe, ist anscheinend eine Komplikation. Man könnte meinen, es müßte leichter sein, ein Intervall, als eine Melodie zu merken. Doch bietet eine Melodie der Erinnerung mehr Hilfen, so wie man ein individuelles Gesicht leichter merkt und mit einem Namen verknüpft, als einen bestimmten Winkel oder eine Nase. Jeder Mensch merkt sich Gesichter und verknüpft sie mit Namen; Leonardo da Vinci hat aber die Nasen in ein System gebracht.

14.

So wie jedes Intervall in der Tonfolge in charakteristischer Weise sich bemerklich macht, ebenso verhält es sich in der harmonischen Verbindung. Jede Terz, jede Quart, jeder Molldreiklang oder Durdreiklang hat seine eigentümliche Färbung, an welcher er unabhängig von der Höhe des Grundtons und unabhängig von der Zahl der Schwebungen, welche ja mit dieser Höhe rasch zunimmt, erkannt wird.

Eine Stimmgabel, die man vor ein Ohr hält, hört man fast nur mit diesem Ohr. Bringt man zwei etwas gegen einander verstimmte, stoßende Stimmgabeln vor dasselbe Ohr, so sind die Stöße sehr deutlich. Stellt man aber die eine Gabel vor das eine, die andere vor das andere Ohr, so werden die Stöße sehr schwach. Zwei in einem harmonischen Intervall stehende Gabeln klingen stets etwas rauher vor einem Ohr. Der Charakter der Harmonie bleibt aber auch bewahrt, wenn man vor je ein Ohr eine Gabel stellt[1]). Auch die Disharmonie bleibt bei diesem Experiment sehr deutlich. Harmonie und Disharmonie sind jedenfalls nicht durch die Schwebungen allein bestimmt.

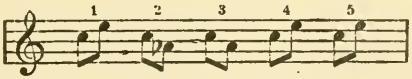
---

1) Vgl. Fechner, Über einige Verhältnisse des binokularen Sehens. Leipzig 1860, S. 536. — Ich habe solche Versuche vielfach selbst angestellt.

15.

Sowohl bei der melodischen als bei der harmonischen Verbindung zeichnen sich die Töne, welche in einfachen Schwingungszahlenverhältnissen stehen, 1) durch Gefälligkeit und 2) durch eine für jenes Verhältnis charakteristische Empfindung aus. Was die Gefälligkeit betrifft, so kann nicht in Abrede gestellt werden, daß dieselbe teilweise durch das Zusammenfallen der Partialtöne und bei harmonischer Verbindung auch durch das hiermit verbundene Zurücktreten der Schwebungen bei bestimmten Schwingungszahlenverhältnissen aufgeklärt ist. Der unbefangene Musikerfahrene ist aber nicht ganz befriedigt. Ihn stört die zu bedeutende Rolle, welche der zufälligen Klangfarbe eingeräumt wird, und er merkt, daß die Töne noch in einer positiven Kontrastbeziehung stehen, wie die Farben, nur daß bei Farben keine so genauen gefälligen Verhältnisse angegeben werden können.

Die Bemerkung, daß wirklich eine Art Kontrast unter den Tönen besteht, drängt sich beinahe von selbst auf. Ein konstanter glatter Ton ist etwas sehr Unerfreuliches und Farbloses, wie eine gleichmäßige Farbe, in welche sich unsere ganze Umgebung hüllt. Erst ein zweiter Ton, eine zweite Farbe wirkt belebend. Läßt man einen Ton, wie beim Experimentieren mit der Sirene, langsam in die Höhe schleifen, so geht ebenfalls aller Kontrast verloren. Derselbe besteht hingegen zwischen weiter abstehenden

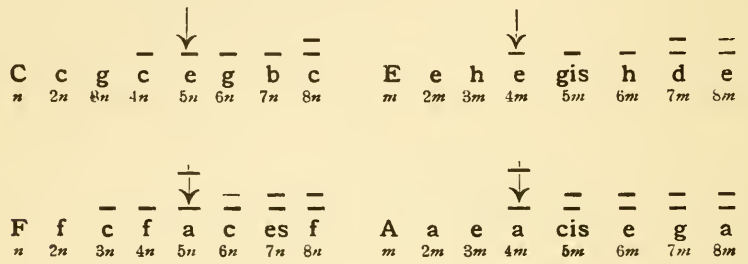


Tönen, und nicht nur zwischen den sich unmittelbar folgenden, wie das nebenstehende Beispiel erläutern mag. Der Gang 2 klingt ganz anders nach 1 als allein, 3 klingt anders als 2, und auch 5 anders als 4 unmittelbar nach 3.

16.

Wenden wir uns nun zu dem zweiten Punkt, der charakteristischen Empfindung, welche jedem Intervall entspricht, und

fragen wir, ob dieselbe nach der bisherigen Theorie erklärt werden kann. Wenn ein Grundton n mit seiner Terz m melodisch oder harmonisch verbunden wird, so fällt der 5. Partialton des ersten Klanges ($5n$) mit dem vierten des zweiten Klanges ($4m$) zusammen. Dies ist das Gemeinsame, was nach der Helmholtzschen Theorie allen Terzverbindungen zukommt. Kombiniere ich die Klänge C und E oder F und A und stelle in dem folgenden Schema ihre Partialtöne dar,



so koïnzidieren in der Tat in dem einen Fall die mit ↓, in dem andern die mit ⊤ bezeichneten Partialtöne, in beiden Fällen der fünfte Partialton des tieferen mit dem vierten Partialton des höheren Klanges. Dieses Gemeinsame besteht aber nur für den physikalisch analysierenden Verstand, und hat mit der Empfindung nichts zu schaffen. Für die Empfindung koinzidieren in dem ersten Fall die $\bar{e}$, in dem zweiten die $\bar{a}$, also ganz verschiedene Töne. Gerade dann, wenn wir für jede unterscheidbare Schwingungszahl eine zugehörige spezifische Energie annehmen, müssen wir fragen, wo bleibt der jeder Terzverbindung gemeinsame Empfindungsbestandteil?

Man halte diese meine Unterscheidung nicht für Pedanterie und Haarspalterei. So wenig meine Frage, worin die physiologische Ähnlichkeit der Gestalten zum Unterschied von der geometrischen bestehe, überflüssig war, so wenig ist diese gleichzeitig (vor etwa 40 Jahren) gestellte Frage unnötig. Will man ein physikalisches oder mathematisches Kennzeichen der Terz als ein Merkmal der Terzempfindung gelten lassen,

so begnüge man sich nach Euler[1]) mit der Koinzidenz von je vier und fünf Schwingungen, welche Auffassung gar nicht so übel war, solange man glauben konnte, daß der Schall auch im Nerv noch als periodische Bewegung fortgehe, was A. Seebeck (Pogg. Ann., Bd. 68) noch für möglich gehalten hat[2]). Die Helmholtzsche Koinzidenz von $5n$ und $4m$ ist in Bezug auf diesen Punkt nicht weniger symbolisch und nicht aufklärender.

17.

Bis hierher habe ich meine Ausführungen mit der Überzeugung vorgebracht, daß ich nicht nötig haben werde, einen wesentlichen Schritt zurück zu tun. Dieses Gefühl begleitet mich nicht in gleichem Maße bei der Entwicklung der folgenden Hypothese, die sich mir im wesentlichen vor langer Zeit dargeboten hat. Sie mag aber wenigstens dazu dienen, die Forderung, die ich an eine vollständigere Theorie der Tonempfindungen glaube stellen zu müssen, auch von der positiven Seite zu beleuchten und zu erläutern. Ich will meine Ansicht zunächst so darstellen, wie dies in der ersten Auflage dieser Schrift geschehen ist.

1) Euler, Tentamen novae theoriae musicae. Petropoli 1739, S. 36.

2) Es ist mir unverständlich, wie man heute noch die Theorie der zeitlichen Koinzidenz der Impulse aufrecht halten kann. Ich habe seinerzeit A. Seebecks Experiment, wie ich glaube, durch ein besseres Verfahren ersetzt (Über einige der physiologischen Akustik angehörige Erscheinungen, Ber. d. Wiener Akademie vom 26. Juni 1864), habe aber eine Periodizität im empfundenen Nervenprozeß nicht annehmen können. Der Umstand, daß zwischen einem subjektiven und einem naheliegenden objektiven Ton, ebenso zwischen zwei subjektiven Tönen niemals Schwebungen beobachtet werden, war ja damals nicht bekannt, ist aber gegenwärtig nicht mehr zu bezweifeln. Man vergleiche Stumpfs interessante Mitteilung „Beobachtungen über subjektive Töne und über Doppelhören“ (Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorgane, Bd. 21, S. 100—121). Die subjektiven Töne, die in meinem Ohr auftreten, sind gewöhnlich von zu kurzer Dauer, um mit denselben zu experimentieren. Doch gelang es mir kürzlich (1906), mit einem sehr deutlichen und konstanten cis zum Klavier zu gelangen und mich zu überzeugen, daß bei leisem Anschlagen des eine Spur tieferen cis auf dem Klavier keine Schwebungen nachweisbar waren. Für mich war dieser Nachweis ja überflüssig, denn ich halte die gegenteilige Annahme physiologisch für unzulässig. Sehr wichtig sind aber Stumpfs Beobachtungen der Konsonanz und Dissonanz subjektiver schwebungsloser Töne.

Für ein Tier von einfacher Organisation sei die Wahrnehmung leiser periodischer Bewegungen des Mediums, in dem es sich befindet, eine wichtige Lebensbedingung. Wird der Wechsel der Aufmerksamkeit (wegen der zu großen Organe, in welchen so rapide Änderungen nicht mehr eintreten können) zu träge und die Oszillationsperiode zu kurz, die Amplitüde zu klein, als daß die einzelnen Phasen der Reizung ins Bewußtsein fallen könnten, so wird es noch möglich sein, die gehäuften Empfindungseffekte des oszillatorischen Reizes wahrzunehmen. Das Gehörorgan wird dem Tastorgan den Rang ablaufen[1]). Ein schwingungsfähiges Endorgan (ein Hörhaar) spricht nun vermöge seiner physikalischen Eigenschaften nicht auf jede Schwingungszahl an, aber auch nicht auf eine, sondern gewöhnlich auf mehrere weit von einander abliegende[2]). Sobald also das ganze Kontinuum der Schwingungszahlen zwischen gewissen Grenzen für das Tier von Wichtigkeit wird, genügen nicht mehr einige wenige Endorgane, sondern es stellt sich das Bedürfnis nach einer ganzen Reihe solcher Organe von abgestufter Stimmung ein. Als ein solches System wurde von Helmholtz zunächst das Cortische Organ, dann die Basilarmembran angesehen.

Schwerlich wird nun ein Glied dieses Systems nur auf eine Schwingungszahl ansprechen. Wir müssen vielmehr erwarten, daß es viel schwächer in abgestufter Intensität (vielleicht durch Knoten abgeteilt) auch auf die Schwingungszahlen 2 n, 3 n, 4 n usw., und ebenso auch auf die Schwingungszahlen $\frac{n}{2}$, $\frac{n}{3}$ $\frac{n}{4}$ usw. anspricht. Da die Annahme einer besondern Energie für jede Schwingungszahl sich als unhaltbar gezeigt hat, so stellen

1) Es ist deshalb fraglich, ob Tiere, welche ein so kleines Zeitmaß haben, daß ihre willkürlichen Bewegungen für uns tönen, in dem gewöhnlichen Sinne hören, oder ob vielmehr nicht das ein Tasten ist, was uns an ihnen den Eindruck des Hörens macht. Vgl. z. B. die schönen Versuche und Beobachtungen von V. Graber (Die chordotonalen Organe. Arch. f. mikrosk. Anat., Bd. 20, S. 506). — Vgl. „Bewegungsempfindungen", S. 123. — Diese Vermutung hat sich seither vielfach bestätigt. — Populärwiss. Vorles., 3. Aufl., S. 401.

2) Wie z. B. V. Hensen beobachtet hat.

wir uns dem Obigen gemäß vor, daß zunächst nur zwei Empfindungsenergieen, sagen wir Dumpf (D) und Hell (H) ausgelöst werden. Die betreffende Empfindung wollen wir (ähnlich wie dies bei Mischfarben geschieht) symbolisch durch $pD+qH$ darstellen, oder wenn wir $p+q=1$ setzen, und q als eine Funktion f (n) der Schwingungszahl ansehen [1]), durch

$$[1-f(n)]D+f(n)H.$$

Die auftretende Empfindung soll nun der Schwingungszahl des oszillatorischen Reizes entsprechen, an welchem Glied der Reihe der Endorgane der Reiz auch angreifen mag. Hiedurch wird die frühere Darstellung nicht wesentlich gestört. Denn indem das Glied R_n am stärksten auf n und viel schwächer auf 2 n, 3 n oder $\frac{n}{2}, \frac{n}{3}$ anspricht, indem R_n auch auf einen aperiodischen Anstoß mit n ausschwingt, wird doch die Empfindung $[1-f(n)]D+f(n)H$ überwiegend an das Glied R_n gebunden bleiben.

Gut konstatierte Fälle von Doppelthören (vgl. Stumpf Tonpsychologie I, S. 266 fg.) könnten uns nötigen, das Auslösungsverhältnis von D und H als vom Endorgan und nicht von der Schwingungszahl abhängig zu betrachten, was aber unsere Auffassung ebenfalls nicht stören würde.

Ein Glied R_n spricht also stark auf n, schwächer aber auch auf 2 n, 3 n .... und $\frac{n}{2}, \frac{n}{3}$ .... mit den diesen Schwingungszahlen zugehörigen Empfindungen an. Es ist aber doch sehr unwahrscheinlich, daß die Empfindung genau dieselbe bleibt, ob R_n auf n oder ob $R_{\frac{n}{2}}$ auf n anspricht. Es ist vielmehr wahrscheinlich, daß jedesmal, wenn die Glieder der Organreihe auf einen Partialton ansprechen, die Empfindung eine schwache Zusatzfärbung erhält, die wir symbolisch für den Grundton durch Z_1, für die Obertöne durch Z_2, Z_3 .... für die Untertöne durch $Z_{\frac{1}{2}}$, $Z_{\frac{1}{3}}$ .... darstellen wollen. Hiernach wäre also die Ton-

1) Will man eine recht einfache Darstellung haben, so setzt man f (n) = k. log n.

empfindung etwas reicher zusammengesetzt als dies der Formel $[1-f(n)]D+f(n)H$ entspricht. Die Empfindungen, welche die Reihe der Endorgane, durch die Grundtöne gereizt, gibt, bilden also ein Gebiet mit der Zusatzfärbung Z_1, die Reizung derselben Reihe durch den ersten Oberton gibt ein besonderes Empfindungsgebiet mit der Zusatzfärbung Z_2 usw. Die Z können entweder unveränderliche Bestandteile sein, oder selbst wieder aus zwei Bestandteilen U und V bestehen, und durch

$$[1-f(n)]U+f(n)V$$

darstellbare Reihen bilden, worüber zu entscheiden jetzt nicht von Belang ist.

Allerdings sind nun die physiologischen Elemente Z_1 Z_2 . . . . erst zu finden. Allein schon die Einsicht, daß sie zu suchen sind, scheint mir wichtig. Sehen wir zu, wie sich das Gebiet der Tonempfindungen ausnimmt, wenn man die Z_1, Z_2 . . . . als gegeben ansieht.

Betrachten wir als Beispiel eine melodische oder harmonische Terzverbindung. Die Schwingungszahlen seien also $n = 4p$ und $m = 5p$; der tiefste gemeinsame Oberton ist $5n = 4m = 20p$, der höchste gemeinsame Unterton ist p. Dann ergibt sich folgende Übersicht:

	Die Glieder der Reihe der Endorgane:	R_p	R_{4p}	R_{5p}	R_{20p}
Wenn die Klänge $4p$ und $5p$ keine Obertöne enthalten	sprechen an auf die Schwingungszahlen:	$4p$, $5p$	$4p$	$5p$	$4p=\frac{20p}{5}$ $5p=\frac{20p}{4}$
	mit den Zusatzempfindungen:	Z_4, Z_5	Z_1	Z_1	$Z_{\frac{1}{5}}$, $Z_{\frac{1}{4}}$
Wenn die Klänge $4p$ und $5p$ Obertöne enthalten •	sprechen außerdem an auf die Schwingungszahlen:		$20p=5(4p)$	$20p=4(5p)$	
	mit den Zusatzempfindungen:		Z_5	Z_4	

Bei der Terzverbindung treten also die für die Terz charakteristischen Zusatzempfindungen Z_4, Z_5 und $Z_{\frac{1}{4}}$ $Z_{\frac{1}{5}}$ hervor, auch wenn die Klänge gar keine Obertöne enthalten, und erstere (Z_4, Z_5) werden noch verstärkt, wenn in den Klängen entweder in der freien Luft oder doch im Ohr Obertöne vorkommen. Das Schema läßt sich leicht für jedes beliebige Intervall verallgemeinern [1]).

Diese Zusatzfärbungen werden also, obgleich sie bei einzelnen Tönen und beim Schleifen der Töne fast gar nicht bemerkt werden, bei Kombination von Tönen mit bestimmten Schwingungszahlenverhältnissen hervortreten, wie die Kontraste schwach gefärbter fast weißer Lichter bei deren Kombination lebendig werden. Und zwar entsprechen denselben Schwingungszahlenverhältnissen bei jeder beliebigen Tonhöhe immer dieselben Kontrastfärbungen.

So wird es verständlich, wie die Töne durch melodische und harmonische Verbindung mit anderen die mannigfaltigste Färbung erhalten können, die einzelnen Tönen fehlt.

Die Elemente Z_1, Z_2 . . . . darf man sich nicht in unveränderlicher bestimmter Anzahl gegeben denken. Vielmehr muß man sich vorstellen, daß die Zahl der bemerkbaren Z von der Organisation, Übung des Gehörs und von der Aufmerksamkeit abhängt. Nach dieser Auffassung werden auch nicht direkt Schwingungszahlenverhältnisse durch das Gehör erkannt,

---

1) Die hier gegebene Darstellung findet sich in etwas konziserer Form und etwas variiert in meiner Note „Zur Analyse der Tonempfindungen". Sitzungsber. der Wiener Akademie, math.-nat. Kl., II. Abt., Dezember 1885. Die Analyse der Tonempfindungen wird hier nach Analogie der wesentlich weiter vorgeschrittenen Analyse der Farbenempfindungen versucht. Jede Schwingungszahl des Lichtes löst einige wenige spezifische Energieen in einem von dieser Schwingungszahl abhängigen Verhältnisse aus. Die Erregbarkeit dieser Energieen ist an verschiedenen Stellen der Netzhaut verschieden. Analoge Verhältnisse werden mutatis mutandis auch für die Tonempfindungen angenommen. Der unendlichen Mannigfaltigkeit des physikalischen Reizes schien anfänglich in beiden Fällen eine unendliche Mannigfaltigkeit der Empfindungen zu entsprechen. Die psychologische Analyse führt in beiden Fällen dazu, eine geringere Anzahl von Empfindungen anzunehmen und diese nach dem Prinzip des Parallelismus nicht mehr unmittelbar von dem komplizierten physikalischen Reiz, sondern von dem ebenso einfachen psychophysischen Prozeß unmittelbar abhängig zu denken.

sondern nur die durch dieselben bedingten Zusatzfärbungen. Die durch $[1-f(n)]D+f(n)H$ symbolisch dargestellte Tonreihe ist nicht unendlich, sondern begrenzt. Da f (n) sich zwischen den Werten o und 1 bewegt, sind D und H die Empfindungen, die einem tiefsten und höchsten Ton entsprechen, die Endglieder. Sinkt oder steigt die Schwingungszahl bedeutend unter oder über diejenige des Grundtones des äußersten Gliedes, so findet nur ein geringeres Ansprechen, aber keine Änderung der Art der Empfindung mehr statt. Auch die Empfindung der Intervalle muß in der Nähe der beiden Hörgrenzen verschwinden. Zunächst weil der Unterschied der Tonempfindung überhaupt aufhört, dann aber noch, weil an der oberen Grenze die Glieder der Reihe fehlen, welche durch Untertöne gereizt werden könnten, an der untern Grenze aber diejenigen, welche auf Obertöne reagieren.

Überblicken wir noch einmal die gewonnene Ansicht, so sehen wir, daß fast alles, was durch Helmholtz' Arbeiten statuiert worden ist, beibehalten werden kann. Die Geräusche und Klänge lassen sich in Töne zerlegen. Jeder unterscheidbaren Schwingungszahl entspricht ein besonderes Nervenendorgan. An die Stelle der vielen spezifischen Energieen setzen wir aber bloß zwei, die uns die Verwandtschaft aller Tonempfindungen verständlich machen, und erhalten durch die Rolle, welche wir der Aufmerksamkeit zuweisen, gleichwohl mehrere gleichzeitig angegebene Töne unterscheidbar. Durch die Hypothese des mehrfachen Ansprechens der Glieder der Reihe der Endorgane und der „Zusatzfärbungen" tritt die Bedeutung der zufälligen Klangfarbe zurück, und wir sehen den Weg, auf welchem den positiven Merkmalen der Intervalle namentlich auf Grund musikalischer Tatsachen weiter nachzuforschen ist Endlich erhält durch die letztere Ansicht das v. Oettingensche Prinzip der Dualität eine Unterlage, die vielleicht diesem Forscher selbst etwas besser zusagen dürfte als die „Erinnerung", während sich zugleich zeigt, warum die Dualität keine vollwertige Symmetrie sein kann.

18.

Die Hypothese des mehrfachen Ansprechens der Reihe der Endorgane, sowie jene der Zusatzfärbungen, habe ich ausdrücklich als solche bezeichnet und habe dieselbe lediglich zu dem Zweck vorgebracht, um den Sinn der Postulate, welche sich durch die psychologische Analyse ergeben, zu erläutern und andere vielleicht zu einem glücklicheren Griff anzuregen. Ich kann mich also nicht wundern, wenn andere diesem Versuche nicht ohne weiteres zustimmen. Daß aber diese Hypothese nutzlos sei und ihren Zweck verfehle, wie Stumpf[1]) sagt, kann ich nicht erkennen. Das Zusammentreffen der Zusatzfärbungen Z_4, Z_5, bezw. $Z_{\frac{1}{4}}$, $Z_{\frac{1}{5}}$ in einem Nerv ist nicht bloß ein physischer, sondern auch ein psychophysischer Umstand. Die Empfindung einer Mischfärbung durch ein Element wird kaum gleichgiltig sein. Es scheint mir vielmehr, daß das, was ich suche: die Erklärung der bestimmten Färbung der Intervalle, und auch das, was Stumpf sucht: die Erklärung der Verschmelzung durch die von mir angenommene partielle Koïnzidenz auch ohne Obertöne wirklich dargestellt würde. Wenn ferner Stumpf sagt, daß bei Klängen mit Obertönen für Helmholtz keine Schwierigkeit besteht, die Ähnlichkeit gleicher Intervalle zu verstehen, so beruht dies auf einem Verkennen dessen, was ich gegen Helmholtz vorgebracht habe. Niemand wird befriedigt sein, wenn man ihm sagt, daß bei zwei Terzen gleich starke Obertöne zusammenfallen, da es sich doch um qualitativ ähnliche Empfindungen handelt. Wäre das Wiedererkennen eines melodischen Terzenschrittes unmittelbar verständlich, so brauchte man für das Erkennen der harmonischen Terzenverbindung natürlich keine besondere Erklärung zu suchen. Da aber Stumpf selbst die melodischen Schritte durch die harmonische Verbindung für charakterisiert hält, so würde diese Auffassung einen Zirkel einschließen. Auch nach meiner Darlegung leitet die Tat-

1) Stumpf, Beiträge zur Akustik und Musikwissenschaft, Heft 1, S. 17, 18

sache der melodischen und harmonischen Auswahl bestimmter Schwingungszahlenverhältnisse auf dasselbe Problem. Meine Hypothese lehnt sich an die Resonanztheorie an, und ist nach Stumpfs Ansicht schon deshalb zu verwerfen. Letzterer Punkt soll noch besonders zur Sprache gebracht werden.

19.

Über die physikalischen Vorgänge beim Hören, bezw. die Funktion der Teile des mittleren Ohres ist schon sehr viel diskutiert worden. Trotzdem scheint es, daß eine unbefangene Revision der physikalischen Hörtheorie sehr notwendig ist. Man hat gefragt, ob die Gehörknöchelchen als Ganzes schwingen, oder ob die Schallwellen durch dieselben hindurchziehen. E. H. Weber hat sich für die erstere Ansicht entschieden, welche experimentell von Politzer bestätigt und theoretisch wohl von mir zuerst begründet worden ist[1]). Wenn nämlich die Dimensionen der Knöchelchen gegen die Länge der in Betracht kommenden Schallwellen in deren Material sehr klein ist, wie es wirklich zutrifft, so ist es keine Frage, daß in der ganzen Ausdehnung der Knöchelchen nahezu dieselbe Bewegungsphase auftreten, demnach sich die Knöchelchen als Ganzes bewegen müssen. Man dachte sich nun die Bewegung der Gehörknöchelchen auf die Labyrinthflüssigkeit übertragen. Allein pathologische Erfahrungen lehren, daß man, wenn nur das Labyrinth in Ordnung ist, auch ohne Mitwirkung der Gehörknöchelchen und des Trommelfelles noch recht gut hört. Diese Teile scheinen nur von Wichtigkeit zu sein, wenn es sich um die Übertragung der leisesten Luftbewegungen auf das Labyrinth handelt. Da scheint die Reduktion des auf die ganze Trommelfellfläche entfallenden Druckes auf die kleine Steigbügelfußplatte notwendig. Sonst können die Schallwellen auch durch die Kopfknochen auf das

1) Mach, Zur Theorie des Gehörorgans. Sitzungsberichte der Wiener Akademie, Bd. 58, Juli 1863. Ferner: Helmholtz, Die Mechanik der Gehörknöchelchen, 1869.

Labyrinth übertragen werden Durch Aufsetzen von tönenden Körpern (Stimmgabeln) auf verschiedene Stellen des Kopfes überzeugt man sich davon, daß die Richtung der auf das Labyrinth eindringenden Schallwellen keine besondere Rolle spielt. Alle Dimensionen des schallperzipierenden Apparates sind wieder so klein gegen die hörbaren Schallwellen, die Schallgeschwindigkeit in den Knochen und der Labyrinthflüssigkeit so groß, daß wieder in einem Moment nur merklich dieselbe Wellenphase in der ganzen Ausdehnung des Labyrinthes Platz greifen kann. Das Obige führt darauf, nicht die Bewegungen und die Bewegungsrichtung, sondern die Druckvariationen, welche im Labyrinth nahezu synchron auftreten, als empfindungserregend, als den maßgebenden Reiz zu betrachten.

Betrachten wir dennoch die Bewegung, welche im Labyrinth durch die Bewegungen der Steigbügelplatte eingeleitet werden kann. Wir denken uns zunächst alle Weichteile herausgenommen, und den durch die Knochenwand begrenzten Raum nur mit Flüssigkeit gefüllt. Die Bewegung, die hier Platz greifen kann, ist eine periodische Strömung vom ovalen gegen das runde Fenster und umgekehrt, deren Form, bei der gegen die Schallgeschwindigkeit verschwindenden Geschwindigkeit der Störung, von der Periode fast ganz unabhängig sein wird. Denkt man sich die Flächen der beiden Fenster als positive und negative Elektrode und die Flüssigkeit leitend, so stimmen die elektrischen Stromlinien mit den Linien der periodischen Strömung überein. Daran kann nun nicht viel geändert werden, wenn die Weichteile in die Flüssigkeit von so wenig verschiedenem spezifischen Gewicht versenkt werden. Die Masse der Flüssigkeit spielt die Hauptrolle. Davon, daß einzelne Gebilde je nach der Tonhöhe, trotz der Flüssigkeit, einen besonderen lokalen Schwingungszustand annehmen könnten, wird kaum die Rede sein dürfen. Die quantitativen Verhältnisse sind hier ganz andere, als bei Saiten oder Membranen in der Luft.

Es scheint mir demnach, daß die neue Hörtheorie von Ewald[1]) nicht haltbarer ist, als die Helmholtzsche Theorie der Cortischen Fasern, oder der elektiven Schwingungen der Basilarmembran. Wenn eine mit Öl bestrichene Membran bei Ewalds Versuchen schon bei stärkerem Anstrich keine deutliche Abteilung mehr zeigt, so würde sie beim Versenken in eine Flüssigkeit, noch dazu bei entsprechend kleinen Dimensionen vollends versagen. Es muß übrigens hervorgehoben werden, daß die Ewaldsche Theorie sonst vielfach ansprechend ist und manche Vorteile bieten würde. Die Membranen zeigen z. B. Koïnzidenzen der Knotenlinien bei harmonischen Intervallen, auch ohne Obertöne. Diese Theorie hat also den Anschein, einen Teil der oben ausgesprochenen Postulate zu erfüllen. Leider ist sie physikalisch nicht zulässig, abgesehen von anderen Schwierigkeiten, welche auch sie nicht zu lösen vermag. Ich maße mir selbstverständlich nicht an, eine schöne fleißige Arbeit mit wenigen Worten abzutun, kann aber meine Bedenken doch nicht unterdrücken.

Bald nach Erscheinen der vierten Auflage dieses Buches, in welcher ich meine Zweifel betreffend die Membranschwingungen in Flüssigkeiten in den vorstehenden Zeilen geäußert hatte, trat Ewald[2]) mit den Experimenten an seiner „camera acustica" hervor. Es gelang ihm, eine in Wasser versenkte zarte Membran, ungefähr von den Dimensionen der Basilarmembran, akustisch in stehende Schwingungen mit deutlichen, der Tonhöhe entsprechenden, Knotenabteilungen zu versetzen. Hiemit war meine Vermutung als falsch erwiesen und ich hatte Grund zu überlegen, worin ich geirrt hatte. Da fielen mir nun die sehr kleinen Knotenabteilungen ein, die ich vor Jahren selbst an Flüssigkeitsmembranen erhalten hatte[3]). Ich erinnerte mich ferner der Friesachschen[4]) Versuche

---

1) Ewald, Eine neue Hörtheorie, Bonn 1899.
2) Ewald, Pflügers Archiv, 1903, Bd. 93, S. 485.
3) Optisch-akustische Versuche, Prag 1872, S. 93.
4) Friesach, Ber. d. Wiener Akademie 1867, Bd. 56, 2. Abt., S. 316.

mit in Wasser versenkten Saiten. Aus letzteren ergab sich nämlich, daß das Eintauchen in Flüssigkeiten wie eine Vergrößerung der Masse der Saite sich äußert, indem die Flüssigkeit nur in der nächsten Umgebung der Saite, in sehr kurzen Bahnen synchron hin- und herströmend, diese Schwingung begleitet. Es ist also ganz wohl denkbar, daß die Labyrinthflüssigkeit als Ganzes hin- und herschwingt, und daß dennoch in derselben die vielmal kleinere Fortpflanzungsgeschwindigkeit in der Membran in stehenden Schwingungen der letzteren zu Tage tritt. Ist aber die Existenz solcher Membranschwingungen nachgewiesen, so gewinnen Ewalds theoretische Ideen sehr an Wert. Ich möchte hier noch auf zwei Mitteilungen von A. Stöhr[1]) hinweisen, die mir entwicklungsfähige Gedankenkeime zu enthalten scheinen. S.Z.17.

20.

Die Schwierigkeit, die Resonanztheorie physikalisch zu begründen, ist wohl von allen, die sich mit derselben beschäftigt haben, mehr oder minder gefühlt worden, wie mir scheint, nicht am wenigsten von deren Urheber. Zugleich erkannte man aber, daß mit dem Aufgeben derselben dasjenige Motiv, welches das Verständnis der Klanganalyse, die Durchsichtigkeit der Lehre von den Tonempfindungen bedingt, verloren geht. Daher die krampfhaften Bemühungen, die Resonanztheorie zu halten. L. Hermann[2]) scheint mir nun das richtige Wort ausgesprochen zu haben, wenn er meint, daß ohne irgend eine Resonanztheorie nicht auszukommen sei, daß diese aber nicht notwendig eine physikalische sein müsse, sondern auch eine physiologische

1) Stöhr, Über Unterbrechungstöne. Deutsche Revue, Juli 1904. — Auf die Notwendigkeit eines asymmetrischen akustischen Angriffes ist auch schon hingewiesen bei Mach und Kessel, Die Funktion der Trommelhöhle, Ber. d. Wiener Akademie, Bd. 66, 3. Abt., 1872. — Stöhr, Klangfarbe oder Tonfarbe, Süddeutsche Monatshefte, München und Leipzig, Juli 1904. — Stöhr verfolgt hier auf anderen Wegen Ziele, die den meinigen nahe liegen.

2) Hermann, Pflügers Archiv, Bd. 56, S. 494, 495 ff., 1894.

sein könne. Man kann mit Hermann die plausible Annahme machen, daß die nervösen Endorgane selbst für Reize von einer bestimmten Periode besonders empfindlich sind[1]). Es müssen nicht gerade Elastizitätskräfte sein, welche das Organ in seine Gleichgewichtslage zurücktreiben, sondern man kann sich einen elektrischen, chemischen usw. Gleichgewichtszustand denken, und Abweichnngen von demselben, die sich wie + und — verhalten. Unter diesen Organen kann ferner eine Verbindung bestehen, wodurch eines auf das andere erregend wirken kann. Es eröffnet sich so die begründete Aussicht, den Verlust der physikalischen Resonanztheorie zu ersetzen. Auf die vollständige und genaue Wiedergabe der Hermannschen Ausführungen muß ich verzichten, und muß mich begnügen, auf dessen Abhandlungen zu verweisen.

Nur einen Punkt wollen wir noch ins Auge fassen. Wenn zwei sinusförmige (pendelförmige) Schwingungen von den Schwingungszahlen n, n' zusammenwirken, so entstehen Schwebungen, die man als ein $(n'—n)$-maliges Anschwellen und Abschwellen des Tones n oder n' in der Sekunde auffassen kann. Niemals läßt sich aber die Luftbewegung als eine solche ansehen, in welcher die Sinusschwingung, d. h. der Ton $n'—n$, enthalten wäre. Auch ein physikalischer Resonator von der Schwingungszahl $n'—n$ kann durch solche Schwebungen, ob sie schnell oder langsam sind, niemals erregt werden. Man übersieht ja leicht, wenn man sich den Verlauf der Schwebungen vorstellt oder dieselben zeichnet, daß auf die Dauer der Resonatorschwingung $(n'—n)$ ebensoviele und gleich starke positive und negative Impulse fallen. Auch auf die erste Hälfte dieser Zeit entfallen gleiche gleichsinnige Impulse wie auf die zweite Hälfte. Eine wirksame Summation ist also ausgeschlossen. Dieselbe wäre nur möglich, wenn man den Resonator für die eine Art der Impulse empfänglicher machen könnte, als für die andere Art, und empfänglicher in der einen Hälfte seiner Schwingungsdauer. Man sieht, wie dieselbe Überlegung

1) Dieselbe behält vielleicht auch dann noch ihren Wert, wenn es auch gelingt, eine genügende physikalische Resonanztheorie zu gründen.

dazu führt, die Youngsche Erklärung der Kombinationstöne durch rasche Schwebungen aufzugeben, und wie sie anderseits unter Festhalten der Resonanztheorie zur Helmholtzschen Theorie der Kombinationsstöne leitet. Die physikalischen Verhältnisse, welche Helmholtz annehmen mußte, scheinen aber unter den Umständen, unter welchen man Kombinationstöne hört, nicht zu bestehen. Wohl aber ist es denkbar, daß ein nervöses Organ für entgegengesetzte Impulse ungleich empfänglich und ebenso in verschiedenen Stadien seiner Erregung verschieden empfänglich ist. Denn es folgt nicht einfach den einwirkenden Kräften, sondern enthält einen Energievorrat, auf welchen jene Kräfte nur auslösend einwirken. Somit hätte der Irrtum Youngs und der mutmaßlich mißlungene Verbesserungsversuch Helmholtz auf einen wichtigen neuen Gesichtspunkt geleitet.

21.

Bei ihrem Auftreten erschien die Helmholtzsche Lehre von den Tonempfindungen als eine schöne, vollendete, mustergiltige Leistung. Dennoch haben fundamentale Aufstellungen derselben der Kritik nicht Stand halten können. Und diese Kritik war keineswegs eine mutwillige, wie daraus genügend hervorgeht, daß die Ausführungen der verschiedenen Kritiker trotz aller individueller Eigentümlichkeit auf dieselben Punkte und nach denselben Richtungen hinweisen. Das Hauptproblem erscheint durch die Kritik fast auf den Stand vor Helmholtz zurückgeschraubt. Es könnte dies tragisch wirken, wenn es überhaupt erlaubt wäre, diese Sache vom Standpunkte einer Person zu betrachten.

Wir können aber die Helmholtzsche Leistung trotz ihrer angreifbaren Seiten nicht unterschätzen. Außer dem reichlichen positiven Gewinn, den wir dieser Arbeit verdanken, ist Bewegung in die Fragen gekommen, sie hat den Forschern zu andern Versuchen Mut gemacht, eine Menge von neuen Untersuchungen

ist angeregt, neue Aussichten sind eröffnet, mögliche Irrwege definitiv für immer verschlossen worden. Leichter knüpft ja ein neuer Versuch und die Kritik an eine schon vorhandene positive Arbeit an.

Helmholtz hat sich wohl darin getäuscht, daß er meinte, diese Aufgabe, welche dem Psychologen, Physiologen und Physiker reichlich Arbeit gibt, hauptsächlich nach physikalischen Gesichtspunkten bewältigen zu können. Haben doch seine befreundeten Zeitgenossen, welche um die Mitte des vorigen Jahrhunderts mit ihm die physikalische Physiologenschule begründeten, auch erkennen müssen, daß das Stückchen anorganischer Physik, welches wir beherrschen, bei weitem noch nicht die ganze Welt ist. Die „Lehre von den Tonempfindungen" ist ein genialer Wurf, der Ausdruck einer künstlerischen Intuition, welcher uns, wenn auch nur symbolisch, durch eine physikalische Analogie, durch ein Bild die Wege weist, die die weitere Untersuchung einzuschlagen hat. Wir müssen deshalb acht geben, daß wir mit den zu beseitigenden Mängeln nicht auch wertvollen Besitz über Bord werfen. Aus welchen Gründen Helmholtz selbst von der Kritik so wenig Notiz genommen hat, weiß ich nicht. Mit seiner letztwilligen Verfügung aber, nach welcher der Text der „Tonempfindungen" nach seinem Tode unverändert bleibt, scheint er mir das Richtige getroffen zu haben.

22.

Für denjenigen, welcher die Dinge vom Standpunkte der Entwickelungslehre zu betrachten pflegt, ist die moderne Musik in ihrer hohen Ausbildung, sowie die spontan und plötzlich auftretende musikalische Begabung, auf den ersten Blick eine höchst sonderbare rätselhafte Erscheinung. Was hat diese Gehörsentwickelung mit der Arterhaltung zu schaffen? Geht sie nicht weit über das Notwendige oder überhaupt nur Nützliche hinaus? Was soll uns die feine Unterscheidung der Tonhöhen? Was

nützt uns der Sinn für die Intervalle; für die Klangfärbungen des Orchesters? S.Z.18.

Eigentlich kann man in bezug auf jede Kunst dieselbe Frage stellen, ob sie ihren Stoff aus diesem oder jenem Sinnesgebiet schöpft. Die Frage besteht auch bezüglich der scheinbar weit über das notwendige Maß hinausgehenden Intelligenz eines Newton, Euler usw. Die Frage liegt nur am nächsten bezüglich der Musik, welche gar kein praktisches Bedürfnis zu befriedigen, meist nichts darzustellen hat. Sehr verwandt mit der Musik ist aber die Ornamentik. Wer sehen will, muß Richtungen der Linien unterscheiden können. Wer sie fein zu unterscheiden vermag, dem kann sich aber, gewissermaßen als ein Nebenprodukt seiner Ausbildung, das Gefühl für die Gefälligkeit der Kombinationen von Linien ergeben. So verhält es sich auch mit dem Sinn für Farbenharmonie nach Entwicklung des Unterscheidungsvermögens für Farben, so wird es auch mit der Musik sich verhalten.

Wir müssen uns auch gegenwärtig halten, daß das, was wir Talent und Genie nennen, so groß uns auch dessen Wirkungen erscheinen, in der Begabung nur eine kleine Differenz gegen das Normale darstellt. Auf etwas größere psychische Stärke in einem Gebiet reduziert sich das Talent. Zum Genie wird dasselbe durch die über die Jugendzeit hinaus erhaltene Fähigkeit der Anpassung, durch die Erhaltung der Freiheit, sich außerhalb der Schablone zu bewegen. Die Naivität des Kindes entzückt uns und macht uns fast immer den Eindruck des Genies. Gewöhnlich schwindet aber dieser Eindruck bald, und wir merken, daß dieselben Äußerungen, welche wir gewohnt sind, als Erwachsene auf Rechnung der Freiheit zu setzen, beim Kinde noch auf Mangel an Festigkeit beruhten.

Talent und Genie treten, wie Weismann treffend hervorgehoben hat[1]), in der Folge der Generationen nicht allmählich und langsam hervor, sie können auch nicht das Resultat einer

---

1) Weismann, Über die Vererbung, Jena 1883, S. 43.

gehäuften Übung der Vorfahren sein, sie zeigen sich spontan und plötzlich. Mit dem eben Besprochenen zusammengehalten, wird dies auch verständlich, wenn wir bedenken, daß die Deszendenten nicht genau den unmittelbaren Vorfahren gleichen, sondern etwas variierend die Eigenschaften derselben und auch fernerer Vorfahren und Verwandten bald etwas abgeschwächt, bald etwas gesteigert aufweisen. Die Vergleichung mehrerer Kinder desselben Elternpaares ist da sehr lehrreich. Den Einfluß der Abstammung auf psychische Anlagen zu leugnen, wäre ebenso unvernünftig, als im Sinne der modernen bornierten oder perfiden Rassenfanatiker, alles darauf zurückzuführen. Hat doch jeder an sich erfahren, welche reichen psychischen Erwerbungen er der kulturellen Umgebung, dem Einfluß längst entschwundener Geschlechter, sowie der Zeitgenossen verdankt. Die Entwicklungsfaktoren werden eben im postembryonalen Leben nicht plötzlich unwirksam[1]).

1) Vgl. die gesunden, nüchternen Ansichten bei R. Wallaschek, Anfänge der Tonkunst. Leipzig 1903, S. 291—298.

XIV. Einfluß der vorausgehenden Untersuchungen auf die Auffassung der Physik[1]).

I.

Welchen Gewinn zieht nun die Physik aus den vorausgehenden Untersuchungen? Zunächst fällt ein sehr verbreitetes Vorurteil und mit diesem eine Schranke. Es gibt keine Kluft zwischen Psychischem und Physischem, kein Drinnen und Draußen, keine Empfindung, der ein äußeres von ihr verschiedenes Ding entspräche. Es gibt nur einerlei Elemente, aus welchen sich das vermeintliche Drinnen und Draußen zusammensetzt, die eben nur, je nach der temporären Betrachtung, drinnen oder draußen sind.

Die sinnliche Welt gehört dem physischen und psychischen Gebiet zugleich an. So wie wir beim Studium des Verhaltens der Gase durch Absehen von den Temperaturänderungen zu dem Mariotteschen, durch ausdrückliches Beachten der Temperaturänderungen aber zum Gay-Lussacschen Gesetz gelangen, und unser Untersuchungsobjekt doch immer dasselbe bleibt, so treiben wir auch Physik im weitesten Sinne, solange wir die Zusammenhänge in der sinnlichen Welt, von unserm Leib

---

1) Die in diesem Kapitel erörterten Fragen habe ich teilweise schon früher („Erhaltung der Arbeit", „Ökonomische Natur der physikalischen Forschung", „Mechanik" und „Wärmelehre") besprochen. Was die Auffassung der Begriffe als ökonomische Mittel betrifft, hat mich Herr Professor W. James (von der Harvard-Universität zu Cambridge Mass.) mündlich auf Berührungspunkte meiner Schrift mit seiner Arbeit „The Sentiment of Rationality" (Mind. Vol. IV, p. 317, Juli 1879) aufmerksam gemacht. Jedermann wird diese mit freiem Blick, mit wohltuender Frische und Unbefangenheit geschriebene Arbeit mit Vergnügen und Gewinn lesen.

ganz absehend, untersuchen, Psychologie oder Physiologie der Sinne aber, sobald wir hiebei eben auf diesen, und speziell auf unser Nervensystem, das Hauptaugenmerk richten. Unser Leib ist ein Teil der sinnlichen Welt wie jeder andere, die Grenze zwischen Physischem und Psychischem lediglich eine praktische und konventionelle. Betrachten wir sie für höhere wissenschaftliche Zwecke als nicht vorhanden, und sehen alle Zusammenhänge als gleichwertig an, so kann es an der Eröffnung neuer Forschungswege nicht fehlen.

Als einen weitern Gewinn müssen wir ansehen, daß der Physiker von den herkömmlichen intellektuellen Mitteln der Physik sich nicht mehr imponieren läßt. Kann schon die gewöhnliche „Materie" nur als ein sich unbewußt ergebendes, sehr natürliches Gedankensymbol für einen relativ stabilen Komplex sinnlicher Elemente betrachtet werden, so muß dies um so mehr von den künstlichen hypothetischen Atomen und Molekülen der Physik und Chemie gelten. Diesen Mitteln verbleibt ihre Wertschätzung für ihren besondern beschränkten Zweck. Sie bleiben ökonomische Symbolisierungen der physikalisch-chemischen Erfahrung. Man wird aber von ihnen wie von den Symbolen der Algebra nicht mehr erwarten, als man in dieselben hineingelegt hat, namentlich nicht mehr Aufklärung und Offenbarung als von der Erfahrung selbst. Schon im Gebiete der Physik selbst bleiben wir vor Überschätzung unserer Symbole bewahrt. Noch weniger wird aber der ungeheuerliche Gedanke, die Atome zur Erklärung der psychischen Vorgänge verwenden zu wollen, sich unserer bemächtigen können. Sind doch die Atome nur Symbole jener eigenartigen Komplexe sinnlicher Elemente, die wir in den engeren Gebieten der Physik und Chemie antreffen.

2.

Die Grundanschauungen der Menschen bilden sich naturgemäß in der Anpassung an einen engeren oder weiteren Erfahrungs- und Gedankenkreis. Dem Physiker genügt vielleicht

noch der Gedanke einer starren Materie, deren einzige Veränderung in der Bewegung, der Ortsveränderung besteht. Der Physiologe, beziehungsweise der Psychologe, vermag mit solchem Ding gar nichts anzufangen. Wer aber an den Zusammenschluß der Wissenschaften zu einem Ganzen denkt, muß nach einer Vorstellung suchen, die er auf allen Gebieten festhalten kann. Wenn wir nun die ganze materielle Welt in Elemente auflösen, welche zugleich auch Elemente der psychischen Welt sind, die als solche letztere gewöhnlich Empfindungen heißen, wenn wir ferner die Erforschung der Verbindung, des Zusammenhanges, der gegenseitigen Abhängigkeit dieser gleichartigen Elemente aller Gebiete als die einzige Aufgabe der Wissenschaft ansehen; so können wir mit Grund erwarten, auf dieser Vorstellung einen einheitlichen, monistischen Bau aufzuführen und den leidigen verwirrenden Dualismus los zu werden. Indem man die Materie als das absolut Beständige und Unveränderliche ansieht, zerstört man ja in der Tat den Zusammenhang zwischen Physik und Psychologie.

Erkenntniskritische Erwägungen können zwar keinem Menschen schaden, allein der Spezialforscher, z. B. der Physiker, hat keinen Grund, sich allzusehr durch solche Betrachtungen beunruhigen zu lassen. Scharfe Beobachtung und ein glücklicher Instinkt sind für ihn sehr sichere Führer. Seine Begriffe, sofern sie sich als unzureichend erweisen sollten, werden durch die Tatsachen am besten und schnellsten berichtigt. Wenn es sich aber um die Verbindung von Nachbargebieten von verschiedenem und eigenartigem Entwicklungsgang handelt, so kann dieselbe nicht mit Hilfe der beschränkteren Begriffe eines engen Spezialgebietes vollzogen werden. Hier müssen durch allgemeinere Erwägungen für das weitere Gebiet ausreichende Begriffe geschaffen werden. Nicht jeder Physiker ist Erkenntniskritiker, nicht jeder muß oder kann es auch nur sein. Die Spezialforschung beansprucht eben einen ganzen Mann, die Erkenntnistheorie aber auch.

Bald nach Erscheinen der ersten Auflage dieser Schrift belehrte mich ein Physiker darüber, wie ungeschickt ich meine Aufgabe angefaßt hätte. Man könne, meinte er, die Empfindungen nicht analysieren, bevor die Bahnen der Atome im Gehirn nicht bekannt seien. Dann allerdings würde sich alles von selbst ergeben. Diese Worte, welche vielleicht bei einem Jüngling der Laplaceschen Zeit auf fruchtbaren Boden gefallen wären, und sich zu einer psychologischen Theorie auf Grund „verborgener Bewegungen" (!) entwickelt hätten, konnten mich natürlich nicht mehr bessern. Sie hatten aber doch die Wirkung, daß ich Dubois mit seinem „Ignorabimus", das mir bis dahin als die größte Verirrung erschienen war, im stillen Abbitte leistete. War es doch ein wesentlicher Fortschritt, daß Dubois die Unlösbarkeit seines Problems erkannte, und war diese Erkenntnis doch für viele Menschen eine Befreiung, wie der sonst kaum begreifliche Erfolg seiner Rede beweist[1]). Den wichtigeren Schritt der Einsicht, daß ein prinzipiell als unlösbar erkanntes Problem auf einer verkehrten Fragenstellung beruhen muß, hat er allerdings nicht getan. Denn auch er hielt, wie unzählige andere, das Handwerkszeug einer Spezialwissenschaft für die eigentliche Welt.

3.

Die Wissenschaften können sich sowohl durch den Stoff unterscheiden als auch durch die Art der Behandlung dieses Stoffes. Alle Wissenschaft geht aber darauf aus, Tatsachen in Gedanken darzustellen, entweder zu praktischen Zwecken oder zur Beseitigung des intellektuellen Unbehagens. Knüpfen wir an die Bezeichnung der „Vorbemerkungen" an, so entsteht Wissenschaft, indem durch die $\alpha\ \beta\ \gamma\ \ldots\ .$ der Zusammenhang der übrigen Elemente nachgebildet wird. Beispielsweise entsteht Physik (in weitester Bedeutung) durch Nachbildung der ABC . . . . in ihrer Beziehung zu einander, Physiologie oder Psychologie

1) Dubois-Reymond, Über die Grenzen des Naturerkennens, 1872, 4 Aufl.

der Sinne durch Nachbildung der Beziehung von ABC . . . . zu KLM, Physiologie durch Nachbildung der Beziehung der KLM . . . zu einander und zu ABC . . . . Die Nachbildung der $\alpha\beta\gamma$ . . . . durch andere $\alpha\ \beta\ \gamma$ führt zu den eigentlichen psychologischen Wissenschaften.

Man könnte nun z. B. in bezug auf Physik der Ansicht sein, daß es weniger auf Darstellung der sinnlichen Tatsachen als auf die Atome, Kräfte und Gesetze ankommt, welche gewissermaßen den Kern jener sinnlichen Tatsachen bilden. Unbefangene Überlegung lehrt aber, daß jedes praktische und intellektuelle Bedürfnis befriedigt ist, sobald unsere Gedanken die sinnlichen Tatsachen vollständig nachzubilden vermögen. Diese Nachbildung ist also Ziel und Zweck der Physik, die Atome, Kräfte, Gesetze hingegen sind nur die Mittel, welche uns jene Nachbildung erleichtern. Der Wert der letzteren reicht nur so weit, als ihre Hilfe.

4.

Wir sind über irgend einen Naturvorgang, z. B. ein Erdbeben, so vollständig als möglich unterrichtet, wenn unsere Gedanken uns die Gesamtheit der zusammengehörigen sinnlichen Tatsachen so vorführen, daß sie fast als ein Ersatz derselben angesehen werden können, daß uns die Tatsachen selbst als bekannte entgegentreten, daß wir durch dieselben nicht überrascht werden. Wenn wir in Gedanken das unterirdische Dröhnen hören, die Schwankung fühlen, die Empfindung beim Heben und Senken des Bodens, das Krachen der Wände, das Abfallen des Anwurfs, die Bewegung der Möbel und Bilder, das Stehenbleiben der Uhren, das Klirren und Springen der Fenster, das Verziehen der Türstöcke und Festklemmen der Türen uns vergegenwärtigen, wenn wir die Welle, die durch den Wald wie durch ein Kornfeld zieht, und die Äste bricht, die in eine Staubwolke gehüllte Stadt im Geiste sehen, die Glocken ihrer Türme anschlagen hören, wenn uns auch noch die unterirdischen Vorgänge, welche zur Zeit noch unbekannt sind, sinnlich so vor Augen stehen, daß wir das Erd-

beben herankommen sehen wie einen fernen Wagen, bis wir endlich die Erschütterung unter den Füßen fühlen, so können wir mehr Einsicht nicht verlangen. Können wir auch die Teiltatsachen nicht in dem richtigen Ausmaß kombinieren ohne gewisse (mathematische) Hilfsvorstellungen oder geometrische Konstruktionen, so ermöglichen letztere unseren Gedanken doch nur nach und nach zu leisten, was sie nicht auf einmal vermögen. Diese Hilfsvorstellungen wären aber wertlos, wenn wir mit denselben nicht bis zur Darstellung der sinnlichen Tatsachen vordringen könnten.

Wenn ich das auf ein Prisma fallende weiße Lichtbündel in Gedanken als Farbenfächer austreten sehe mit bestimmten Winkeln, die ich voraus bezeichnen kann, wenn ich das reelle Spektralbild sehe, das beim Vorsetzen einer Linse auf einen Schirm entsteht, darin die Fraunhoferschen Linien an voraus bekannten Stellen, wenn ich im Geiste sehe, wie sich die letzteren verschieben, sobald das Prisma gedreht wird, sobald die Substanz des Prismas wechselt, sobald ein dasselbe berührendes Thermometer seinen Stand ändert, so weiß ich alles, was ich verlangen kann. Alle Hilfsvorstellungen, Gesetze, Formeln sind nur das quantitative Regulativ meiner sinnlichen Vorstellung. Diese ist das Ziel, jene sind die Mittel.

Die Anpassung der Gedanken an die Tatsachen ist also das Ziel aller naturwissenschaftlichen Arbeit. Die Wissenschaft setzt hier nur absichtlich und bewußt fort, was sich im täglichen Leben unvermerkt von selbst vollzieht. Sobald wir der Selbstbeobachtung fähig werden, finden wir unsere Gedanken den Tatsachen schon vielfach angepaßt vor. Die Gedanken führen uns die Elemente in ähnlichen Gruppen vor, wie die sinnlichen Tatsachen. Der begrenzte Gedankenvorrat reicht aber nicht für die fortwährend wachsende Erfahrung. Fast jede neue Tatsache bringt eine Fortsetzung der Anpassung mit sich, die sich im Prozeß des Urteilens äußert.

Man kann diesen Vorgang an Kindern sehr gut beobachten. Ein Kind kommt zum erstenmal aus der Stadt aufs Land, etwa auf eine große Wiese, sieht sich da nach allen Seiten um, und spricht verwundert: „Wir sind in einer Kugel. Die Welt ist eine blaue Kugel[1])". Hier haben wir zwei Urteile. Was geht vor, indem dieselben gebildet werden? Die fertige sinnliche Vorstellung „wir" (die begleitende Gesellschaft) wird durch die ebenfalls schon vorhandene Vorstellung einer Kugel zu einem Bilde ergänzt. Ähnlich wird in dem zweiten Urteil das Bild der „Welt" (alle Gegenstände der Umgebung) durch die einschließende blaue Kugel (deren Vorstellung auch schon vorhanden war, weil sonst der Name gefehlt hätte) ebenfalls ergänzt. Ein Urteil ist also immer eine Ergänzung einer sinnlichen Vorstellung zur vollständigeren Darstellung einer sinnlichen Tatsache. Ist das Urteil in Worten ausdrückbar, so besteht es sogar immer in einer Zusammensetzung der neuen Vorstellung aus schon vorhandenen Erinnerungsbildern, welche auch beim Angesprochenen durch Worte hervorgelockt werden können.

Der Prozeß des Urteilens besteht also hier in einer Bereicherung, Erweiterung, Ergänzung sinnlicher Vorstellungen durch andere sinnliche Vorstellungen unter Leitung der sinnlichen Tatsache. Ist der Prozeß vorbei und das Bild geläufig geworden, tritt es als fertige Vorstellung ins Bewußtsein, so haben wir es mit keinem Urteil, sondern nur mehr mit einer einfachen Erinnerung zu tun[2]). Das Wachstum der Natur-

1) Der hier als Beispiel angeführte Fall ist nicht erdichtet, sondern ich habe den Vorgang an meinem 3jährigen Kinde beobachtet. In diesem Falle wird eigentlich eine physiologische Tatsache konstatiert, was freilich erst spät erkannt worden ist. Die alte wissenschaftliche Astronomie beginnt mit solchen naiven Aufstellungen, die sie für physikalische hält.

2) Auf eine Untersuchung über den Urteilsprozeß als solchen kann ich mich hier nicht einlassen. Ich möchte aber unter den neueren Schriften über den Gegenstand diejenige von W. Jerusalem (Die Urteilsfunktion, Wien 1895) hervorheben. Ohne mit diesem Autor auf demselben Boden zu stehen, habe ich doch aus der Lektüre seiner Schrift durch die vielen Einzeluntersuchungen manche Anregung und Belehrung empfangen. Die physiologischen Seiten, namentlich die biologische Funktion des Urteils, sind sehr lebendig dargestellt. Die Auffassung des Subjekts als eines Kraftzentrums wird man kaum glücklich finden. Dagegen gibt man gewiß gern zu, daß

wissenschaft und der Mathematik beruht größtenteils auf der Bildung solcher intuitiver Erkenntnisse (wie sie Locke nennt). Betrachten wir z. B. die Sätze: „1. Der Baum hat eine Wurzel. 2. Der Frosch hat keine Klauen. 3. Aus der Raupe wird ein Schmetterling. 4. Verdünnte Schwefelsäure löst Zink. 5. Reibung macht das Glas elektrisch. 6. Der elektrische Strom lenkt die Magnetnadel ab. 7. Der Würfel hat 6 Flächen, 8 Ecken, 12 Kanten." Der erste Satz enthält eine räumliche Erweiterung der Baumvorstellung, der 2. die Korrektur einer nach der Gewohnheit zu voreilig vervollständigten Vorstellung, der 3., 4., 5. und 6. enthalten zeitlich erweiterte Vorstellungen. Der 7. Satz gibt ein Beispiel der geometrischen intuitiven Erkenntnis.

6.

Derartige intuitive Erkenntnisse prägen sich dem Gedächtnis ein und treten als jede gegebene sinnliche Tatsache spontan ergänzende Erinnerungen auf. Die verschiedenen Tatsachen gleichen sich nicht vollständig. Die verschiedenen Fällen gemeinsamen Bestandteile der sinnlichen Vorstellung werden aber gekräftigt, und es kommt dadurch ein Prinzip der möglichsten Verallgemeinerung oder Kontinuität in die Erinnerung. Anderseits muß die Erinnerung, soll sie der Mannigfaltigkeit der Tatsachen gerecht werden, und überhaupt nützlich sein, dem Prinzip der zureichenden Differenzierung entsprechen. Schon das Tier wird durch lebhaft rot und gelb gefärbte (ohne Anstrengung am Baum sichtbare) weiche Früchte an deren süßen, durch grüne (schwer sichtbare) harte Früchte an deren saueren Geschmack erinnert werden. Der Insekten jagende Affe hascht nach allem, was schwirrt und fliegt, hütet sich aber vor der gelb und schwarz gefleckten Fliege, der

in den Anfängen der Kultur und der Sprachbildung anthropomorphische Vorstellungen großen Einfluß üben. — Ganz andere Fragen behandelt A. Stöhr in seinen Schriften (Theorie der Namen, 1889; Die Vieldeutigkeit des Urteils, 1895; Algebra der Grammatik, 1898). Unter diesen scheinen mir die auf das Verhältnis von Logik und Grammatik bezüglichen die interessantesten zu sein.

Wespe. In diesen Beispielen spricht sich deutlich genug das Bestreben nach möglichster Verallgemeinerung und Kontinuität, sowie nach praktisch zureichender Differenzierung der Erinnerung aus. Und beide Tendenzen werden durch dasselbe Mittel, die Aussonderung und Hervorhebung jener Bestandteile der sinnlichen Vorstellung, erreicht, welche für den zur Erfahrung passenden Gedankenlauf maßgebend sind. Ganz analog verfährt der Physiker, wenn er verallgemeinernd sagt, „alle durchsichtigen starren Körper brechen das aus der Luft einfallende Licht zum Lote", und wenn er differenzierend hinzufügt, „die tesseral krystallisierten und amorphen einfach, die übrigen doppelt".

7.

Ein guter Teil der Gedankenanpassung vollzieht sich unbewußt und unwillkürlich unter Leitung der sinnlichen Tatsachen. Ist diese Anpassung ausgiebig genug geworden, um der Mehrzahl der auftretenden Tatsachen zu entsprechen, und stoßen wir nun auf eine Tatsache, welche mit unserm gewohnten Gedankenlauf in starkem Widerstreit steht, ohne daß man sofort das maßgebende Moment zu erschauen vermöchte, welches zu einer neuen Differenzierung führen würde, so entsteht ein Problem. Das Neue, das Ungewöhnliche, das Wunderbare wirkt als Reiz, welcher die Aufmerksamkeit auf sich zieht. Praktische Gründe, oder das intellektuelle Unbehagen allein, können den Willen zur Beseitigung des Widerstreites, zur neuen Gedankenanpassung erzeugen. So entsteht die absichtliche Gedankenanpassung, die Forschung.

Wir sehen z. B. einmal ganz gegen unsere Gewohnheit, daß an einem Hebel oder Wellrad eine große Last durch eine kleine gehoben wird. Wir suchen nach dem differenzierenden Moment, welches uns die sinnliche Tatsache nicht unmittelbar zu bieten vermag. Erst wenn wir, verschiedene ähnliche Tatsachen vergleichend, den Einfluß der Gewichte und der

Hebelarme bemerkt, und uns selbsttätig zu den abstrakten Begriffen Moment oder Arbeit erhoben haben, ist das Problem gelöst. Das Moment oder die Arbeit ist das differenzierende Element. Ist die Beachtung des Momentes oder der Arbeit zur Denkgewohnheit geworden, so existiert das Problem nicht mehr.

8.

Was tut man nun, indem man abstrahiert? Was ist eine Abstraktion? Was ist ein Begriff? Entspricht dem Begriff ein sinnliches Vorstellungsbild? Einen allgemeinen Menschen kann ich mir nicht vorstellen, höchstens einen besonderen, vielleicht einen, der zufällige Besonderheiten verschiedener Menschen, die sich nicht ausschließen, vereinigt. Ein allgemeines Dreieck, welches etwa zugleich rechtwinklig und gleichseitig sein müßte, ist nicht vorstellbar. Allein ein solches mit dem Namen des Begriffs auftauchendes, die begriffliche Operation begleitendes Bild ist auch nicht der Begriff. Überhaupt deckt ein Wort, welches aus Not zur Bezeichnung vieler Einzelvorstellungen verwendet werden muß, durchaus noch keinen Begriff. Ein Kind, das zuerst einen schwarzen Hund gesehen und nennen gehört hat, nennt z. B. alsbald einen großen schwarzen, rasch dahin laufenden Käfer ebenfalls „Hund", bald darauf ein Schwein oder Schaf ebenfalls Hund[1]). Irgend eine an die früher benannte Vorstellung erinnernde Ähnlichkeit führt zum naheliegenden Gebrauch desselben Namens. Der Ähnlichkeitspunkt braucht in aufeinander folgenden Fällen gar nicht derselbe zu sein; er liegt z. B. einmal in der Farbe, dann in der Bewegung, dann in der Gestalt, der Bedeckung u. s. w.; demnach ist auch von einem Begriff gar nicht die Rede. So nennt ein Kind gelegentlich die Federn des Vogels Haare, die Hörner der Kuh Fühlhörner, den Bartwisch, den Bart des Vaters und den Samen des Löwenzahns

1) So nannten die Markomannen die von den Römern über die Donau gesetzten Löwen „Hunde" und die Jonier nannten (Herodot II 69) die „Champsä" des Nils nach den Eidechsen ihrer Büsche „Krokodile".

ohne Unterschied „Bartwisch“ u. s. w.[1]). Die meisten Menschen verfahren mit den Worten ebenso, nur weniger auffallend, weil sie einen größeren Vorrat zur Verfügung haben. Der gemeine Mann nennt ein Rechteck „Viereck“ und gelegentlich auch den Würfel (wegen der rechtwinkligen Begrenzung) ebenfalls „Viereck“. Die Sprachwissenschaft und einige historisch beglaubigte Fälle lehren, daß ganze Völker sich nicht anders verhalten[2]).

Ein Begriff ist überhaupt nicht eine fertige Vorstellung. Gebrauche ich ein Wort zur Bezeichnung eines Begriffs, so liegt in demselben ein einfacher Impuls zu einer geläufigen sinnlichen Tätigkeit, als deren Resultat ein sinnliches Element (das Merkmal des Begriffs) sich ergibt. Denke ich z. B. an den Begriff Siebeneck, so zähle ich in der vorliegenden Figur oder in der auftauchenden Vorstellung die Ecken durch; komme ich hiebei bis sieben, wobei der Laut, die Ziffer, die Finger das sinnliche Merkmal der Zahl abgeben können, so fällt die gegebene Vorstellung unter den gegebenen Begriff. Spreche ich von einer Quadratzahl, so versuche ich die vorliegende Zahl durch die Operation 5×5, 6×6 usw., deren sinnliches Merkmal (die Gleichheit der beiden multiplizierten Zahlen) auf der Hand liegt, herzustellen. Das gilt von jedem Begriff. Die Tätigkeit, welche das Wort auslöst, kann aus mehreren Operationen bestehen; die eine kann eine andere enthalten. Immer ist das Resultat ein sinnliches Element, welches vorher nicht da war.

Wenn ich ein Siebeneck sehe oder mir vorstelle, braucht mir die Siebenzahl der Ecken noch nicht gegenwärtig zu sein. Sie tritt erst durch die Zählung hervor. Oft kann das neue sinnliche Element, wie z. B. beim Dreieck, so nahe liegen, daß die Zähloperation unnötig scheint; das sind aber Spezialfälle, welche eben zu Täuschungen über die Natur des Begriffes führen. An den Kegelschnitten (Ellipse, Hyperbel, Parabel) sehe ich nicht, daß sie unter denselben Begriff fallen; ich kann es aber durch

---

1) Sämtliche Beispiele sind der Beobachtung entnommen.

2) Withney, Leben und Wachstum der Sprache. Leipzig 1876.

die Operation des Kegelschneidens und durch die Konstruktion der Gleichung finden.

Wenn wir also abstrakte Begriffe auf eine Tatsache anwenden, so wirkt dieselbe auf uns als einfacher Impuls zu einer sinnlichen Tätigkeit, welche neue sinnliche Elemente herbeischafft, die unsern ferneren Gedankenlauf der Tatsache entsprechend bestimmen können. Wir bereichern und erweitern durch unsere Tätigkeit die für uns zu arme Tatsache. Wir tun dasselbe, was der Chemiker mit einer farblosen Salzlösung tut, indem er ihr durch eine bestimmte Operation einen gelben oder braunen Niederschlag ablockt, der seinen Gedankenlauf zu differenzieren vermag. Der Begriff des Physikers ist eine bestimmte Reaktionstätigkeit, welche eine Tatsache mit neuen sinnlichen Elementen bereichert. S.Z.19.

Eine sehr dürftige Sinnlichkeit und eine sehr geringe Beweglichkeit reichen zur Bildung von Begriffen aus. Dies lehrt die Entwicklungsgeschichte der blinden und taubstummen Laura Bridgman, welche Jerusalem in einer interessanten kleinen Schrift[1]) allgemein zugänglich gemacht hat. Fast ganz ohne Geruch und auf die Wahrnehmung von Erschütterungen und Schallschwingungen durch die Fußsohlen und Fingerspitzen, kurz durch die Haut angewiesen, vermochte Laura doch einfache Begriffe zu gewinnen. Durch Herumgehen und durch die Bewegung der Hände findet sie die Tastmerkmale (Klassencharaktere) der Türe, des Stuhles, des Messers usw. Allerdings reicht die Abstraktion nicht hoch. Die abstraktesten Begriffe, die sie sich erwarb, dürften die Zahlen gewesen sein. Im ganzen blieb ihr Denken natürlich an Spezialvorstellungen haften. Beweis dafür ist ihre Auffassung der Rechenaufgaben eines Schulbuches als speziell an sie gerichtet (a. a. O. S. 25), ihre Meinung, daß der Himmel (das Jenseits) eine Schule sei usw. (a. a. O. S. 30).

---

1) W. Jerusalem, Laura Bridgman. Wien, Pichler, 1891. — Vgl. auch L. W. Stern, Helen Keller. Berlin 1905. — Jerusalem, Marie Heurtin, Österreichische Rundschau, Bd. 3, S. 292, 426 (1905).

9.

Wenn wir, um an ein früheres Beispiel anzuknüpfen, einen Hebel erblicken, so treibt uns dieser Anblick, die Arme abzumessen, die Gewichte zu wägen, die Maßzahl des Armes mit der Maßzahl des Gewichtes zu multiplizieren. Entspricht den beiden Produkten dasselbe sinnliche Zahlzeichen, so erwarten wir Gleichgewicht. Wir haben so ein neues sinnliches Element gewonnen, welches zuvor in der bloßen Tatsache noch nicht gegeben war, und das nun unsern Gedankenlauf differenziert. Hält man sich recht gegenwärtig, daß das begriffliche Denken eine Reaktionstätigkeit ist, die wohl geübt sein will, so versteht man die bekannte Tatsache, daß niemand Mathematik oder Physik oder irgend eine Naturwissenschaft durch bloße Lektüre, ohne praktische Übung, sich aneignen kann. Das Verstehen beruht hier gänzlich auf dem Tun. Ja es wird in keinem Gebiet möglich sein, sich zu den höheren Abstraktionen zu erheben, ohne sich mit den Einzelheiten beschäftigt zu haben.

Die Tatsachen werden also durch die begriffliche Behandlung erweitert und bereichert, und schließlich wieder vereinfacht. Denn wenn das neue maßgebende sinnliche Element (z. B. die Maßzahl der Momente des Hebels) gefunden ist, wird nur mehr dieses beachtet, und die mannigfaltigsten Tatsachen gleichen und unterscheiden sich nur durch dieses Element. Wie bei der intuitiven Erkenntnis reduziert sich also auch hier alles auf die Auffindung, Hervorhebung und Aussonderung der maßgebenden sinnlichen Elemente. Die Forschung erreicht hier nur auf einem Umwege, was sich der intuitiven Erkenntnis unmittelbar darbietet.

Der Chemiker mit seinen Reagentien, der Physiker mit Maßstab, Wage, Galvanometer, und der Mathematiker verhalten sich den Tatsachen gegenüber eigentlich ganz gleichartig; nur braucht der letztere bei Erweiterung der Tatsache am wenigsten über die Elemente $\alpha\ \beta\ \gamma\ \ldots$, KLM hinauszugehen. Seine Hilfsmittel hat er stets und sehr bequem zur Hand. Der Forscher

mit seinem ganzen Denken ist ja auch nur ein Stück Natur wie jedes andere. Eine eigentliche Kluft zwischen diesem und anderen Stücken besteht nicht. Alle Elemente sind gleichwertig.

Nach dem Dargelegten ist das Wesen der Abstraktion nicht erschöpft, wenn man sie (mit Kant) als negative Aufmerksamkeit bezeichnet. Zwar wendet sich beim Abstrahieren von vielen sinnlichen Elementen die Aufmerksamkeit ab, dafür aber andern neuen sinnlichen Elementen zu, und das letztere ist gerade wesentlich. Jede Abstraktion gründet sich auf das Hervortreten bestimmter sinnlicher Elemente.

10.

Indem ich hier meine Darstellung von 1886 unverändert lasse, möchte ich zugleich auf die weiteren Ausführungen in einer spätern Schrift hinweisen[1]). Daselbst sind auch (in der zweiten Auflage von 1900) die seit 1897 erschienenen Arbeiten von H. Gomperz und Ribot erwähnt, welche Untersuchungen enthalten, deren Ergebnisse in mancher Beziehung mit den meinigen verwandt sind. Gomperz und Ribot schließen beide die wissenschaftlichen Begriffe von ihrer Untersuchung aus, und behandeln bloß die vulgären Begriffe, wie sie in den Worten der gewöhnlichen Verkehrssprache fixiert sind. Ich bin im Gegenteil der Meinung, daß die Natur der Begriffe an den wissenschaftlichen Begriffen, welche mit Bewußtsein gebildet und angewendet werden, sich viel besser offenbaren muß, als an den vulgären Begriffen. Letztere können wegen ihrer Verschwommenheit kaum zu den eigentlichen Begriffen gerechnet werden. Die Worte der Vulgärsprache sind einfach geläufige Merkzeichen, welche ebenso geläufige Denkgewohnheiten auslösen. Der begriffliche Inhalt dieser Worte, soweit er überhaupt in schärferer Form besteht, kommt kaum zum Bewußtsein, wie dies auch Ribot bei seinen statistischen Versuchen gefunden hat. Ohne Zweifel könnte

1) Prinzipien der Wärmelehre, 1896, 2. Aufl. 1900, S. 415, 422.

ich Gomperz und Ribot noch viel weiter zustimmen, als es schon jetzt der Fall ist, wenn sie auch die wissenschaftlichen Begriffe in ihre Untersuchung einbezogen hätten.

Wir haben als einfaches Beispiel des Begriffes oben das statische Moment gewählt. Komplizierte Begriffe werden ein kompliziertes System von Reaktionen erfordern, welche mehr oder weniger große Teile des Zentralnervensystems in Anspruch nehmen, und ein entsprechend kompliziertes, den Begriff charakterisierendes System von sinnlichen Elementen zutage fördern. Die von J. v. Kries erhobenen Schwierigkeiten[1]) möchten bei dieser Auffassung nicht unüberwindlich sein. (Vergl. S. 57, 58.)

II.

Die sinnliche Tatsache ist also der Ausgangspunkt und auch das Ziel aller Gedankenanpassungen des Physikers. Die Gedanken, welche unmittelbar der sinnlichen Tatsache folgen, sind die geläufigsten, stärksten und anschaulichsten. Wo man einer neuen Tatsache nicht sofort folgen kann, drängen sich die kräftigsten und geläufigsten Gedanken heran, um dieselbe reicher und bestimmter zu gestalten. Hierauf beruht jede naturwissenschaftliche Hypothese und Spekulation, deren Berechtigung in der Gedankenanpassung liegt, welche sie fördert und schließlich herbeiführt. So denken wir uns den Planeten als einen geworfenen Körper, stellen uns den elektrischen Körper mit einer fernwirkenden Flüssigkeit bedeckt vor, denken uns die Wärme als einen Stoff, der aus einem Körper in den andern überfließt, bis uns schließlich die neuen Tatsachen ebenso geläufig und anschaulich werden als die älteren, die wir als Gedankenhilfe herangezogen hatten. Aber auch wo von unmittelbarer Anschaulichkeit nicht die Rede sein kann, bilden sich die Gedanken des Physikers unter möglichster Einhaltung des Prinzips der Kontinuität und der zureichenden Differen-

1) J. v. Kries, Die materiellen Grundlagen der Bewußtseinserscheinungen. Freiburg i. Br. 1898.

zierung zu einem ökonomisch geordneten System von Begriffsreaktionen aus, welche wenigstens auf den kürzesten Wegen zur Anschaulichkeit führen. Alle Rechnungen, Konstruktionen u. s. w. sind nur die Zwischenmittel, diese Anschaulichkeit schrittweise und auf sinnliche Wahrnehmung gestützt, zu erreichen, wo dieselbe nicht unmittelbar zu erreichen ist.

12.

Betrachten wir nun die Ergebnisse der Gedankenanpassung. Nur dem, was an den Tatsachen überhaupt beständig ist, können sich die Gedanken anpassen, und nur die Nachbildung des Beständigen kann einen ökonomischen Vorteil gewähren. Hierin liegt also der letzte Grund des Strebens nach Kontinuität der Gedanken, d. h. nach Erhaltung der möglichsten Beständigkeit, und hiedurch werden auch die Anpassungsergebnisse verständlich[1]). Kontinuität, Ökonomie und Beständigkeit bedingen sich gegenseitig; sie sind eigentlich nur verschiedene Seiten einer und derselben Eigenschaft des gesunden Denkens. S.Z.20.

13.

Das bedingungslos Beständige nennen wir Substanz. Ich sehe einen Körper, wenn ich ihm den Blick zuwende. Ich kann ihn sehen, ohne ihn zu tasten. Ich kann ihn tasten, ohne ihn zu sehen. Obgleich also das Hervortreten der Elemente des Komplexes an Bedingungen geknüpft ist, habe ich dieselben doch zu sehr in der Hand, um sie besonders zu würdigen und zu beachten. Ich betrachte den Körper oder den Elementenkomplex oder den Kern dieses Komplexes als stets vorhanden, ob er mir augenblicklich in die Sinne fällt oder nicht. Indem ich den Gedanken dieses Komplexes, oder das Symbol desselben,

1) Vgl.: „Die Mechanik in ihrer Entwicklung". 1. Aufl. 1883, 4. Aufl. S. 519, 520.

den Gedanken des Kerns mir stets parat halte, gewinne ich den Vorteil der Voraussicht, und vermeide den Nachteil der Überraschung. Ebenso halte ich es mit den chemischen Elementen, die mir als bedingungslos beständig erscheinen. Obgleich hier mein bloßer Wille nicht genügt, um die betreffenden Komplexe zur sinnlichen Tatsache zu machen, obgleich hier auch äußere Mittel (z. B. Körper außer meinem Leib) nötig sind, sehe ich doch von diesen Mitteln ab, sobald sie mir geläufig geworden, und betrachte die chemischen Elemente einfach als beständig. Wer an Atome glaubt, hält es mit diesen analog.

Ähnlich wie mit dem Elementenkomplex, der einem Körper entspricht, können wir auf einer höheren Stufe der Gedankenanpassung auch mit ganzen Gebieten von Tatsachen verfahren. Wenn wir von Elektrizität, Magnetismus, Licht, Wärme sprechen, auch ohne uns hierunter besondere Stoffe zu denken, so schreiben wir diesen Tatsachengebieten, wieder von den uns geläufigen Bedingungen ihres Hervortretens absehend, eine Beständigkeit zu, und halten die nachbildenden Gedanken stets parat, mit gleichem Vorteil wie in den obigen Fällen. Wenn ich sage, ein Körper ist „elektrisch", so ruft mir dies viel mehr Erinnerungen wach, ich erwarte viel bestimmtere Gruppen von Tatsachen, als wenn ich etwa die in dem Einzelfalle sich äußernde Anziehung hervorheben würde. Doch kann diese Hypostasierung auch ihre Nachteile haben. Zunächst wandeln wir, solange wir so verfahren, immer dieselben historischen Wege. Es kann aber wichtig sein zu erkennen, daß es eine spezifisch elektrische Tatsache gar nicht gibt, daß jede solche Tatsache z. B. ebenso gut als eine mechanische, chemische oder thermische angesehen werden kann, oder vielmehr, daß alle physikalischen Tatsachen schließlich aus denselben sinnlichen Elementen (Farben, Drucken, Räumen, Zeiten) sich zusammensetzen, daß wir durch die Bezeichnung „elektrisch", bloß an eine Spezialform erinnert werden, in welcher wir die Tatsache zuerst kennen gelernt haben.

Haben wir uns gewöhnt, den Körper, welchem wir die tastende Hand und den Blick beliebig zu- und abwenden können,

als beständig anzusehen, so tun wir dies auch leicht in Fällen, in welchen die Bedingungen der Sinnenfälligkeit gar nicht in unserer Hand liegen, z. B. bei Sonne und Mond, die wir nicht tasten können, bei den Weltteilen, die wir vielleicht einmal und nicht wieder sehen können, oder die wir gar nur aus der Beschreibung kennen. Dies Verfahren kann für eine ruhige ökonomische Weltauffassung seine Bedeutung haben, es ist aber gewiß nicht das einzig berechtigte. Es wäre nur ein konsequenter Schritt weiter, die ganze Vergangenheit, welche ja in ihren Spuren noch vorhanden ist (da wir z. B. Sterne dort sehen, wo sie vor Jahrtausenden waren), und die ganze Zukunft, die im Keime schon da ist (da man z. B. unser Sonnensystem nach Jahrtausenden noch sehen wird, wo es jetzt ist), als beständig anzusehen. Ist doch der ganze Zeitverlauf nur an Bedingungen unserer Sinnlichkeit gebunden. Mit dem Bewußtsein eines besonderen Zweckes wird man auch diesen Schritt unternehmen dürfen.
S.Z.21.

14.

Eine wirkliche bedingungslose Beständigkeit gibt es nicht, wie dies aus dem Besprochenen deutlich hervorgeht. Wir gelangen zu derselben nur, indem wir Bedingungen übersehen, unterschätzen, oder als immer gegeben betrachten, oder willkürlich von denselben absehen. Es bleibt nur eine Art der Beständigkeit, die alle vorkommenden Fälle von Beständigkeit umfaßt, die Beständigkeit der Verbindung (oder Beziehung). Auch die Substanz, die Materie ist kein bedingungslos Beständiges. Was wir Materie nennen, ist ein gewisser gesetzmäßiger Zusammenhang der Elemente (Empfindungen). Die Empfindungen verschiedener Sinne eines Menschen, so wie die Sinnesempfindungen verschiedener Menschen sind gesetzmäßig von einander abhängig. Darin besteht die Materie. Der älteren Generation, namentlich den Physikern und Chemikern, wird die Zumutung Schrecken erregen, die Materie nicht als das absolut Beständige zu betrachten, und

statt dessen ein festes Verbindungsgesetz von Elementen. welche an sich sehr flüchtig scheinen, als das Beständige anzusehen. Auch jüngeren Leuten wird dies Mühe machen, und mich selbst hat es seiner Zeit eine große Überwindung gekostet, zu dieser unvermeidlichen Einsicht zu gelangen. Doch wird man sich zu einer so radikalen Änderung der Denkweise entschließen müssen, wenn man aufhören will, denselben Fragen immer wieder in gleicher Ratlosigkeit gegenüber zu stehen.

Es kann sich nicht darum handeln, für den Hand- und Hausgebrauch den vulgären Begriff der Materie, der sich für diesen Zweck instinktiv herausgebildet hat, abzuschaffen. Auch alle physikalischen Maßbegriffe bleiben aufrecht, und erfahren nur eine kritische Läuterung, wie ich dieselbe in bezug auf Mechanik, Wärme, Elektrizität usw. versucht habe. Hiebei treten einfach empirische Begriffe an die Stelle der metaphysischen. Die Wissenschaft erleidet aber keinen Verlust, wenn das starre, sterile, beständige, unbekannte Etwas (die Materie) durch ein beständiges Gesetz ersetzt wird, das in seinen Einzelheiten noch weiter durch die physikalisch-physiologische Forschung aufgeklärt werden kann. Es soll hiermit keine neue Philosophie, keine neue Metaphysik geschaffen, sondern einem augenblicklichen Streben der positiven Wissenschaften nach gegenseitigem Anschluß entsprochen werden [1]).

15.

Die naturwissenschaftlichen Sätze drücken nur solche Beständigkeiten der Verbindung aus: „Aus der Kaulquappe wird ein Frosch. Das Chlornatrium tritt in Würfelform auf. Der Lichtstrahl ist geradlinig. Die Körper fallen mit der Beschleunigung 9.81 $\left(\frac{m}{sec^2}\right)$“. Den begrifflichen Ausdruck dieser Beständigkeiten nennen wir Gesetze. Die Kraft (im mechanischen Sinne) ist auch nur eine Beständigkeit der Verbindung. Wenn ich sage,

1) Vgl. Prinzipien der Wärmelehre, 2. Aufl. 1900, S. 423 u. ff.

ein Körper *A* übe auf *B* eine Kraft aus, so heißt dies, daß *B* sofort eine gewisse Beschleunigung gegen *A* zeigt, sobald es diesem gegenübertritt.

Die eigentümliche Illusion, als ob der Stoff *A* der absolut beständige Träger einer Kraft wäre, welche wirksam wird, sobald *B* dem *A* gegenübertritt, ist leicht zu beseitigen. Treten wir, oder genauer unsere Sinnesorgane, an die Stelle von *B*, so sehen wir von dieser jederzeit erfüllbaren Bedingung ab, und *A* erscheint uns als absolut beständig. So scheint uns das magnetische Eisen, das wir immer sehen, so oft wir hinblicken wollen, als der beständige Träger der magnetischen Kraft, die erst wirksam wird, sobald ein Eisenstückchen hinzutritt, von welchem wir nicht so unvermerkt absehen können, wie von uns selbst[1]). Die Phrasen: „Kein Stoff ohne Kraft, keine Kraft ohne Stoff", welche einen selbstverschuldeten Widerspruch vergeblich aufzuheben suchen, werden entbehrlich, wenn man nur Beständigkeiten der Verbindung anerkennt.

16.

Bei hinreichender Beständigkeit unserer Umgebung entwickelt sich eine entsprechende Beständigkeit der Gedanken. Vermöge dieser Beständigkeit streben sie, die halb beobachtete Tatsache zu vervollständigen Dieser Vervollständigungstrieb entspringt nicht der eben beobachteten einzelnen Tatsache, er ist auch nicht mit Absicht erzeugt; wir finden ihn, ohne unser Zutun, in uns vor. Er steht uns wie eine fremde Macht gegenüber, die uns doch stets begleitet und hilft, den wir eben brauchen, um die

1) Dem Kinde erscheint alles als substanziell, zu dessen Wahrnehmung es nur seiner Sinne bedarf. Das Kind fragt, „wo der Schatten, wo das gelöschte Licht hinkommt?" Es will die Elektrisiermaschine nicht weiterdrehen lassen, um den Funkenvorrat derselben nicht zu erschöpfen. Ein noch nicht ein Jahr alter Knabe wollte seinem, ein Liedchen pfeifenden Vater die Töne von den Lippen wegfangen. Das Haschen nach farbigen Nachbildern kommt auch bei größeren Kindern noch vor usw. usw. — Erst sobald wir Bedingungen einer Tatsache außerhalb uns bemerken, verschwindet der Eindruck der Substanzialität. Die Geschichte der Wärmelehre ist in dieser Beziehung sehr lehrreich.

Tatsache zu ergänzen. Obgleich er durch die Erfahrung entwickelt ist, liegt in ihm mehr, als in der einzelnen Erfahrung. Der Trieb bereichert gewissermaßen die einzelne Tatsache. Durch ihn ist sie uns mehr. Mit diesem Trieb haben wir stets ein größeres Stück Natur im Gesichtsfeld, als der Unerfahrene mit der Einzeltatsache allein. Denn der Mensch mit seinen Gedanken und seinen Trieben ist eben auch ein Stück Natur, das sich zur Einzeltatsache hinzufügt. Anspruch auf Unfehlbarkeit hat aber dieser Trieb keineswegs, und eine Notwendigkeit für die Tatsachen, ihm zu entsprechen, besteht durchaus nicht. Unser Vertrauen zu ihm liegt nur in der Voraussetzung der vielfach erprobten zureichenden Anpassung unserer Gedanken, welche aber jeden Augenblick der Enttäuschung gewärtig sein muß.

Nicht alle unsere Tatsachen nachbildenden Gedanken haben die gleiche Beständigkeit. Immer und überall, wo wir an der Nachbildung der Tatsachen ein besonderes Interesse haben, werden wir bestrebt sein, die Gedanken von geringerer Beständigkeit durch solche von größerer Beständigkeit zu stützen und zu stärken oder sie durch solche zu ersetzen. So denkt sich Newton den Planeten, obgleich die Keplerschen Gesetze schon bekannt sind, als einen geworfenen Körper, die Masse der Flutwelle, obgleich der Verlauf derselben längst ermittelt ist, als vom Monde gezogen. Das Saugen, das Fließen des Hebers glauben wir erst zu verstehen, wenn wir uns den Druck der Luft als die Kette der Teilchen zusammenhaltend hinzudenken. Ähnlich versuchen wir die elektrischen, optischen, thermischen Vorgänge als mechanische aufzufassen. Dies Bedürfnis nach Stützung schwächerer Gedanken durch stärkere wird auch Kausalitätsbedürfnis genannt und ist die Haupttriebfeder aller naturwissenschaftlichen Erklärungen. Als Grundlagen ziehen wir natürlich die stärksten besterprobten Gedanken vor, die uns unsere viel geübten mechanischen Verrichtungen an die Hand geben und die wir jeden Augenblick ohne viele Mittel aufs neue erproben können. Daher die Autorität der mechanischen Erklärungen, namentlich jener

durch Druck und Stoß. Eine noch höhere Autorität kommt dementsprechend den mathematischen Gedanken zu, zu deren Entwicklung wir der geringsten äußeren Mittel bedürfen, für welche wir vielmehr das Experimentiermaterial größtenteils stets mit uns herumtragen. Weiß man dies aber einmal, so schwächt sich eben damit das Bedürfnis nach mechanischen Erklärungen ab[1]).

Daß man mit einer sogenannten kausalen Erklärung auch nur einen Tatbestand, einen tatsächlichen Zusammenhang konstatiert (oder beschreibt), habe ich schon mehrfach dargelegt, und ich könnte mich einfach auf meine ausführlichen Auseinandersetzungen in der „Wärmelehre" und in den „Populären Vorlesungen" berufen. Da aber der Physik Fernerstehende immer wieder weiter und tiefer zu denken glauben, wenn sie einen fundamentalen Unterschied zwischen einer naturwissenschaftlichen Beschreibung, z. B. einer embryonalen Entwicklung und einer physikalischen Erklärung annehmen, so seien noch einige Worte gestattet. Wenn wir das Wachstum einer Pflanze beschreiben, so bemerken wir, daß so viele und mannigfaltige Umstände, die von Fall zu Fall variieren, hiebei im Spiel sind, daß unsere Beschreibung höchstens in den gröberen Zügen allgemein passen, in den feineren Einzelheiten aber nur für den Individualfall Geltung haben kann. Gerade so verhält es sich in physikalischen Fällen unter komplizierteren Umständen; nur sind letztere im allgemeinen doch einfacher und besser bekannt. Wir können die Umstände deshalb besser experimentell und auch intellektuell (durch

---

1) Außermechanische physikalische Erfahrungen können sich, in dem Maße als sie geläufiger werden, dem Werte der mechanischen nähern. Stricker hat meines Erachtens einen richtigen und wichtigen Punkt getroffen, indem er (Studien über die Assoziation der Vorstellungen, Wien 1883) die Kausalität mit dem Willen in Zusammenhang bringt. Ich selbst habe 1861 als junger Dozent (bei Darlegung der Bedeutung der Millschen Differenzmethode), die später von Stricker ausgesprochene Ansicht mit großer Lebhaftigkeit und Einseitigkeit vertreten. Der Gedanke hat mich auch nie ganz verlassen (vgl. z. B. „Die Mechanik in ihrer Entwicklung", Leipzig 1883, S. 78, 282, 456). Gegenwärtig bin ich aber, wie die obigen Ausführungen zeigen, doch der Meinung, daß diese Frage nicht so einfach ist, und von mehreren Seiten betrachtet werden muß. Vgl. Wärmelehre, 2. Aufl., 1900, S. 432.

Abstraktion) trennen, wir können leichter schematisieren. Die Bewegung der Planeten zu beschreiben, war für die antike Astronomie eine analoge Aufgabe, wie die Beschreibung der Entwicklung einer Pflanze für den modernen Botaniker. Die Auffindung der Keplerschen Gesetze beruht auf einer glücklichen, ziemlich rohen Schematisierung. Je genauer wir einen Planeten betrachten, desto individueller wird seine Bewegung, desto weniger folgt sie den Keplerschen Gesetzen. Genau genommen, bewegt sich jeder Planet anders, und derselbe Planet verschieden zu verschiedenen Zeiten. Wenn nun Newton die Planetenbewegungen „kausal erklärt", indem er statuiert, daß ein Massenteilcheh m durch ein anderes m' die Beschleunigung $\varphi = \frac{km'}{r^2}$ erfährt, und daß die von verschiedenen Massenteilchen an ersterem bestimmten Beschleunigungen sich geometrisch summieren, werden wieder nur Tatsachen konstatiert oder beschrieben, welche sich (wenn auch auf einem Umwege) durch Beobachtung ergeben haben. Betrachten wir, was hiebei geschieht. Zunächst sind die bei der Planetenbewegung maßgebenden Umstände (die einzelnen Massenteilchen und ihre Entfernungen) getrennt. Das Verhalten zweier Massenteilchen ist sehr einfach, und wir glauben alle Umstände (Masse und Entfernung), welche dasselbe bestimmen, zu kennen. Wir nehmen die Beschreibung, die für wenige Fälle als richtig befunden ist, auch über die Grenzen der Erfahrung als allgemein richtig an, indem wir keine Störung durch einen unbekannten fremdartigen Umstand besorgen, worin wir uns allerdings täuschen könnten, wenn sich z. B. die Gravitation, als durch ein Medium zeitlich übertragen, herausstellen sollte. Ebenso einfach ist die Modifikation des Verhaltens, wenn zu zwei Teilchen ein drittes, zu diesen ein viertes usw. hinzutritt, wie dies angedeutet wurde. Die Beschreibung eines Individualfalles ist also die Newtonsche Beschreibung allerdings nicht; sie ist eine Beschreibung in den Elementen. Indem Newton beschreibt, wie sich die Massenelemente in den Zeitelementen verhalten, gibt er uns die Anweisung, die Beschreibung eines beliebigen Indi-

vidualfalles aus den Elementen nach einer Schablone herzustellen. So ist es auch in den übrigen Fällen, welche die theoretische Physik bewältigt hat. Dies ändert aber nichts an dem Wesen der Beschreibung. Es handelt sich um eine generelle Beschreibung in den Elementen. Wenn man an einer Darstellung der Erscheinungen durch Differenzialgleichungen sich genügen läßt, wie ich es vor langer Zeit (Mechanik, 1883, 4. Aufl. 1901, S. 530) empfohlen habe, und wie es immer mehr in Aufnahme kommt, so liegt darin tatsächlich die Anerkennung der Erklärung als einer Beschreibung in den Elementen. Jeder Einzelfall läßt sich dann aus räumlichen und zeitlichen Elementen zusammensetzen, in welchen das physikalische Verhalten durch die Gleichungen beschrieben ist.

17.

Es wurde zuvor gesagt, daß der Mensch selbst ein Stück Natur sei. Es sei erlaubt, dies durch ein Beispiel zu erläutern. Ein Stoff kann für den Chemiker lediglich durch die Sinnesempfindungen genügend charakterisiert sein. Dann liefert der Chemiker selbst durch innere Mittel den ganzen zur Bestimmung des Gedankenlaufs nötigen Reichtum der Tatsache. Es kann aber in anderen Fällen die Vornahme von Reaktionen mit Hilfe äußerer Mittel nötig werden. Wenn ein Strom eine in seiner Ebene befindliche Magnetnadel umkreist, so weicht der Nordpol der Nadel zu meiner Linken aus, sobald ich mich in dem Strom als Ampèrescher Schwimmer denke. Ich bereichere die Tatsache (Strom und Nadel), die für sich meinen Gedankenlauf nicht genügend bestimmt, indem ich mich selbst zuziehe (durch eine innere Reaktion). Ich kann auch auf die Ebene des Stromkreises eine Taschenuhr legen, so daß der Zeiger der Strombewegung folgt. Dann schlägt der Südpol vor, der Nordpol hinter das Zifferblatt. Oder ich mache den Stromkreis zur Sonnenuhr, nach welcher ja die Taschenuhr[1]) gebildet ist, so

1) Die Uhr trägt in dem Drehungssinn des Zeigers die Spur ihrer Abstammung von der Sonnenuhr an sich und ihrer Erfindung auf der nördlichen Hemisphäre.

daß der Schatten dem Strom folgt. Dann wendet sich der Nordpol nach der beschatteten Seite der Stromebene. Die beiden letzteren Reaktionen sind äußere. Beide Arten zugleich können nur brauchbar sein, wenn zwischen mir und der Welt keine Kluft besteht. Die Natur ist ein Ganzes. Daß nicht in allen Fällen beiderlei Reaktionen bekannt sind, und daß der Beobachter in manchen Fällen einflußlos scheint, beweist nichts gegen die vorgebrachte Ansicht.

Rechts und links erscheinen uns gleich, im Gegensatze zu vorn und hinten, oben und unten. Doch sind sie gewiß nur verschiedene Empfindungen, welche durch stärkere gleiche übertäubt sind. Der Raum der Empfindung hat also drei ausgezeichnete wesensverschiedene Richtungen. Für metrische Betrachtungen sind alle Richtungen des geometrischen Raumes gleich. Symmetrische Gebilde, welche uns die unmittelbare Empfindung als äquivalent vorspiegelt, sind es aber in physischer Beziehung durchaus nicht. Auch der physische Raum hat drei wesensverschiedene Richtungen, welche sich in einem triklinen Medium, in dem Verhalten eines elektromagnetischen Elementes am deutlichsten offenbaren. Dieselben physischen Eigenschaften kommen eben auch in unserem Leib zum Vorschein, und daher die Verwendbarkeit desselben als Reagens in physikalischen Fragen. Die genaue physiologische Kenntnis eines Elementes unseres Leibes wäre zugleich eine wesentliche Grundlage unseres physikalischen Weltverständnisses. Vergleiche S. 83.

18.

Die wiederholt betonte Einheit des Physischen und Psychischen verdient noch von einer besonderen Seite ins Auge gefaßt zu werden. Unser psychisches Leben, sofern wir darunter die Vorstellungen verstehen, scheint recht unabhängig von den physischen Vorgängen zu sein, sozusagen eine Welt für sich, mit freiern Gesetzen, mit Gesetzen von anderer Ordnung. Das ist aber gewiß nur ein Schein, der daher rührt, daß immer

nur ein winziger Teil der Spuren der physischen Vorgänge in den Vorstellungen lebendig wird. Die Umstände, welche diesen Teil bestimmen, sind so unübersehbar kompliziert, daß wir keine genaue Regel angeben können, nach welcher dies geschieht. Um zu bestimmen, welche Gedanken etwa ein Physiker an die Beobachtung einer gewissen optischen Tatsache knüpfen wird, müßte man die Erlebnisse seiner früheren Tage, die Stärke der Eindrücke, welche sie hinterlassen haben, die Tatsachen der allgemeinen und technischen Kulturentwicklung, welche auf ihn Einfluß genommen haben, kennen, endlich noch im stande sein, seine augenblickliche Stimmung in Rechnung zu ziehen. Dazu wäre die gesamte Physik im weitesten Sinne, und auf einer unerreichbar hohen Entwicklungsstufe als Hilfswissenschaft nötig [1]).

Betrachten wir nun das Gegenbild. Eine physikalische Tatsache, die wir zum ersten Mal erleben, ist uns fremd. Sie könnte ganz anders verlaufen, als es geschieht, sie würde uns darum nicht sonderbarer scheinen. Ihr Verlauf erscheint uns an sich durch nichts bestimmt, am allerwenigsten eindeutig bestimmt. Wodurch der Verlauf einer Tatsache den Charakter der Bestimmtheit gewinnt, kann nur aus der psychischen Entwicklung verstanden werden. Durch das Vorstellungsleben tritt die Tatsache erst aus ihrer Isoliertheit heraus, kommt dieselbe mit einer Fülle anderer Tatsachen in Kontakt, und gewinnt nun Bestimmtheit durch die Forderung der Übereinstimmung mit letzteren und durch die Ausschließung des Widerspruches. Die Psychologie ist Hilfswissenschaft der Physik. Beide Gebiete stützen sich gegenseitig und bilden nur in ihrer Verbindung eine vollständige Wissenschaft. Der Gegensatz von Subjekt und Objekt (in gewöhnlichem Sinne) besteht auf unserem Standpunkte nicht. Die Frage der mehr oder weniger genauen Ab-

---

1) So sehr ich also eine rein physiologische Psychologie als Ideal hochschätze, würde es mir doch als eine Verkehrtheit erscheinen, die sogenannte „introspektive" Psychologie ganz abzuweisen, da die Selbstbeobachtung nicht nur ein sehr wichtiges, sondern in vielen Fällen das einzige Mittel ist, um über grundlegende Tatsachen Aufschluß zu erhalten.

bildung der Tatsachen durch die Vorstellungen ist eine naturwissenschaftliche Frage, wie jede andere Frage.

19.

Wenn in einem Komplex von Elementen einige durch andere ersetzt werden, so geht eine Beständigkeit der Verbindung in eine andere Beständigkeit über. Es ist nun wünschenswert, eine Beständigkeit aufzufinden, welche diesen Wechsel überdauert. J. R. Mayer hat zuerst dies Bedürfnis gefühlt, und hat demselben durch Aufstellung seines Begriffes „Kraft" genügt, welcher dem Begriff Arbeit (Poncelet) der Mechaniker, oder genauer dem allgemeinern Begriff Energie (Th. Young) entspricht. Er stellt sich diese Kraft (oder Energie) als etwas absolut Beständiges (wie einen Vorrat oder Stoff) vor, und geht so bis auf die stärksten und anschaulichsten Gedanken zurück. Aus dem Ringen mit dem Ausdruck, mit allgemeinen philosophischen Phrasen (in der 1. und 2. Abhandlung Mayers) sehen wir, daß sich ihm zuerst unwillkürlich und instinktiv das starke Bedürfnis nach einem solchen Begriff aufgedrängt hat. Dadurch aber, daß er die vorhandenen physikalischen Begriffe den Tatsachen und seinem Bedürfnis angepasst hat, ist erst die große Leistung zustande gekommen[1]).

20.

Bei genügender Anpassung werden die Tatsachen von den Gedanken spontan abgebildet, und teilweise gegebene Tatsachen ergänzt. Die Physik kann nur als quantitatives Regulativ wirken, und die spontan verlaufenden Gedanken, dem praktischen oder wissenschaftlichen Bedürfnis entsprechend, bestimmter gestalten. Wenn ich einen Körper horizontal werfen sehe, kann mir das anschauliche Bild der Wurfbewegung auftauchen. Für den Artilleristen oder Physiker ist mehr nötig. Er muß z. B. wissen, daß, wenn er an die horizontale Abszisse der Wurfbahn den

1) Vgl. Prinzipien der Wärmelehre, 2. Aufl. 1900.

Maßstab M anlegend, bis 1, 2, 3, 4 . . . . zählen kann, er, an die vertikalen Ordinaten den Maßstab M' anlegend, zugleich bis 1, 4, 9 16 . . . . zählen muß, um zu einem Punkt der Wurfbahn zu gelangen. Die Funktion der Physik besteht also darin, zu lehren, daß eine Tatsache, welche auf eine bestimmte Reaktion R ein. Empfindungsmerkmal E liefert, zugleich noch auf eine andere Reaktion R' ein anderes Merkmal E' zeigt. Hiedurch wird die bestimmtere Ergänzung einer teilweise gegebenen Tatsache möglich.

Die Einführung der allgemein vergleichbaren, sogenannten absoluten Maße in die Physik, die Zurückführung aller physikalischen Messungen auf die Einheiten: Zentimeter, Gramme, Sekunde (Länge, Masse, Zeit) hat eine eigentümliche Folge. Es besteht ohnehin die Neigung, das physikalisch Faßbare und Meßbare, das gemeinschaftlich Konstatierbare[1]), für „objektiv" und „real" gegenüber den subjektiven Empfindungen zu halten. Diese Meinung erhält nun scheinbar eine Stütze, eine psychologische (wenn auch nicht logische) Motivierung durch die absoluten Maße. Es sieht so aus, als ob das, was wir in bekanntem Sinne Empfindungen nennen, in der Physik etwas ganz Überflüssiges wäre. Sehen wir genauer zu, so läßt sich ja das System der Maßeinheiten noch weiter vereinfachen. Denn die Maßzahl der Masse ist durch ein Beschleunigungsverhältnis gegeben, und die Zeitmessung kommt auf eine Winkel- oder Bogenlängenmessung zurück. Demnach ist die Längenmessung die Grundlage für alle Messungen. Allein den bloßen Raum messen wir nicht, wir brauchen einen körperlichen Maßstab, womit das ganze System mannigfaltiger Empfindungen wieder eingeführt ist. Nur sinnliche anschauliche Vorstellungen können zur Aufstellung der Gleichungen der Physik führen, und in eben solchen besteht deren Interpretation. Obschon also die Gleichungen nur räumliche Maßzahlen enthalten, sind dieselben auch nur das ordnende Prinzip, das uns anweist, aus welchen Gliedern in der

1) In der Tat werden hierbei individuelle Zufälligkeiten eliminiert.

Reihe der sinnlichen Elemente wir unser Weltbild zusammenzusetzen haben.

21.

Es wurde anderwärts[1]) ausgeführt, daß quantitative Aufstellungen sich von qualitativen nur dadurch unterscheiden, daß erstere sich auf ein Kontinuum von gleichartigen Fällen beziehen. Hiernach wäre die vorteilhafte Anwendung der Gleichungen zur Beschreibung nur in einem sehr beschränkten Gebiet zulässig. Es ist jedoch Aussicht vorhanden, dieses Gebiet sukzessive ins Unbegrenzte zu erweitern und zwar in folgender Art. Die möglichen (optischen) Empfindungen können, wenn auch nicht gemessen, doch nach psychophysischen Methoden durch Zahlen charakterisiert und inventarisiert werden. Irgend ein (optisches) Erlebnis kann nun beschrieben werden, indem man die Werte der Zahlencharakteristiken als abhängig von den Raum- und Zeitkoordinaten und von einander durch Gleichungen darstellt. Ähnliches wird man im Prinzip auch in anderen Sinnesgebieten für erreichbar halten dürfen. Der S. 37 gebrauchte Ausdruck hat also einen genau angebbaren Sinn.

22.

Die Ermittlung der Abhängigkeit der Elemente $ABC..$ von einander, unter Absehen von KLM, ist die Aufgabe der Naturwissenschaft, oder der Physik im weitesten Sinne. In Wirklichkeit sind aber die $ABC..$ immer auch von KLM abhängig. Es bestehen immer Gleichungen von der Form f $(A, B, C, .. K, L, M..) = 0$. Indem nun viele verschiedene Beobachter $KLM..$, $K'L'M'..$, $K''L''M''..$ sich beteiligen, gelingt es, den zufälligen Einfluß der Variation von $KLM..$ usw. zu eliminieren und nur das gemeinschaftlich Konstatierbare, die reine Abhängigkeit der $ABC..$ von einander zu ermitteln. Hierbei verhalten sich die $KLM..$, $K'L'M'..$ wie physikalische Apparate, von deren Eigentümlichkeiten, speziellen Konstanten usw. die Anzeigen, die Ergebnisse

1) Zuletzt: Wärmelehre, S. 438, 459.

befreit werden müssen. Handelt es sich aber nur um den Zusammenhang einer quantitativen Reaktion mit andern quantitativen Reaktionen, wie in dem obigen Beispiele der Dynamik, so ist die Sache noch einfacher. Es kommt dann alles auf die Konstatierung von Gleichheit oder Identität der *ABC*.. unter gleichen Umständen (unter gleichen *KLM*..), eigentlich nur auf Konstatierung von räumlichen Identitäten hinaus. Die Art der Empfindungsqualitäten ist nun gleichgiltig; nur deren Gleichheit ist maßgebend. Ein einziges Individuum genügt nun, um Abhängigkeiten festzustellen, welche für jedes Individuum gelten. So wird von hier aus eine sichere Basis für das ganze Gebiet der Forschung gewonnen. Auch der Psychophysiologie gereicht dies zum Vorteil.

23.

Der Raum des Geometers ist durchaus nicht das bloße System der Raumempfindungen (des Gesichts- und Tastsinnes), sondern derselbe besteht vielmehr aus einer Menge von begrifflich idealisierten und formulierten physikalischen Erfahrungen, welche an die Raumempfindungen anknüpfen. Schon indem der Geometer seinen Raum als an allen Stellen und nach allen Richtungen gleich beschaffen betrachtet, geht er weit über den dem Tast- und Gesichtssinn gegebenen Raum hinaus, welcher diese einfache Eigenschaft durchaus nicht hat (S. 138, 148 u. f.). Ohne physikalische Erfahrung würde er nie dahin gelangen. Die grundlegenden Sätze der Geometrie werden auch tatsächlich nur durch physikalische Erfahrungen, durch Anlegen von Längen und Winkelmaßstäben gewonnen, durch Anlegen starrer Körper aneinander. Ohne Kongruenzsätze keine Geometrie. Abgesehen davon, daß Raumbilder uns ohne physikalische Erfahrung gar nicht auftauchen würden, wären wir auch nicht imstande, dieselben aneinander anzulegen, um ihre Kongruenz zu prüfen. Wenn wir einen Zwang fühlen, ein gleichschenkliges Dreieck auch mit gleichen Winkeln an der Grundlinie vorzustellen, so beruht derselbe auf der Erinnerung an starke Erfahrungen. Beruhte der

Satz auf „reiner Anschauung", so brauchten wir ihn nicht zu lernen. Daß man in der bloßen geometrischen Phantasie Entdeckungen machen kann, wie es täglich geschieht, zeigt nur, daß auch die Erinnerung an die Erfahrung uns noch Momente zum Bewußtsein bringen kann, die früher unbeachtet blieben, so wie man an dem Nachbild einer hellen Lampe noch neue Einzelheiten zu bemerken vermag. Selbst die Zahlenlehre muß in ähnlicher Weise aufgefaßt werden. Auch ihre grundlegenden Sätze werden von der Erfahrung nicht ganz unabhängig sein.

Das Überzeugende der Geometrie (und der ganzen Mathematik) beruht nicht darauf, daß ihre Lehren durch eine ganz besondere Art der Erkenntnis gewonnen werden, sondern nur darauf, daß ihr Erfahrungsmaterial uns besonders leicht und bequem zur Hand ist, besonders oft erprobt wurde und jeden Augenblick wieder erprobt werden kann. Auch ist das Gebiet der Raumerfahrung ein viel beschränkteres, als das der gesamten Erfahrung. Die Überzeugung, das erstere im wesentlichen erschöpft zu haben, wird alsbald Platz greifen und das nötige Selbstvertrauen erzeugen[1]).

24.

Ein ähnliches Selbstvertrauen, wie der Geometer, hat ohne Zweifel auch der Komponist, der in dem Gebiet der Tonempfindungen, der Ornamentenmaler, der im Gebiet der Farbenempfindungen reiche Erfahrungen gewonnen hat. Dem einen wird kein Raumgebilde vorkommen, dessen Elemente ihm nicht wohlbekannt wären, die beiden andern werden auf keine neue Ton- oder Farbenkombination stoßen. Ohne Erfahrung wird aber der Anfänger in der Geometrie durch die Ergebnisse seiner Tätigkeit nicht minder überrascht oder enttäuscht, als der junge Musiker oder Ornamentist.

Der Mathematiker, der Komponist, der Ornamentist und der Naturforscher, welche sich der Spekulation ergeben, ver-

1) Vgl. Wärmelehre, S. 455. — Meinong, Hume-Studien, Wien 1877. — Zindler, Beitr. z. Theorie d. mathem. Erkenntnis, Wien 1889.

fahren trotz der Verschiedenheit des Stoffes und Zweckes ihrer Tätigkeit in ganz analoger Weise. Der erstere ist allerdings wegen der größten Beschränktheit des Stoffes gegen alle in Bezug auf die Sicherheit seines Vorgehens im Vorteil, der letztere aus dem entgegengesetzten Grunde gegen alle im Nachteil.

25.

Die Unterscheidung des physiologischen und geometrischen Raumes hat sich als unvermeidlich erwiesen. Indem aber geometrische Einsicht durch die räumliche Vergleichung der Körper miteinander gewonnen wird, kann auch schon die Zeit nicht außer Betracht bleiben, da es unmöglich ist, hiebei vom Transport der Körper abzusehen. Raum und Zeit stehen in einem innigern Zusammenhange, und zeigen sich hiebei relativ unabhängig von andern physikalischen Elementen. Dies spricht sich in der Bewegung der Körper bei sonstiger relativer Konstanz ihrer übrigen Eigenschaften aus. Die Entstehung einer reinen Geometrie, Phoronomie und Mechanik wird eben dadurch möglich.

Wenn wir genau zusehen, so bedeuten Raum und Zeit in physiologischer Beziehung besondere Arten von Empfindungen, in physikalischer Beziehung aber funktionale Abhängigkeiten der durch Sinnesempfindungen charakterisierten Elemente von einander. Indem die räumlichen und zeitlichen physiologischen Indices, welche durch Teile und Vorgänge unseres Leibes bedingt sind, bei gleichen physiologischen Umständen untereinander verglichen werden, ergeben sich Abhängigkeiten der physikalischen Elemente von einander. (Abhängigkeit der Elemente eines Körpers von jenen eines andern, Abhängigkeit der Elemente eines Vorgangs von jenen eines andern). Auf Grund dieser Einsicht kann man zeitliche und räumliche Bestimmungen rein physikalisch vornehmen. Was mit dem kleineren Teil eines stetig einsinnig ablaufenden Vorgangs zusammentrifft, ist zeitlich früher. Im homogen erfüllten Raum ist der Ort B dem Ort A näher als ein anderer, wenn B von dem von A aus erregten Vorgang

früher erreicht wird, als jener andere. Die Gerade ist der Inbegriff der durch die physikalische Beziehung zweier Punkte (unendlich kleiner Körper) eindeutig bestimmten Orte. Der Ort C liegt im Halbierungspunkt der Geraden AB, wenn derselbe im homogenen Raum durch Vorgänge von A und B aus in gleicher Zeit erreicht wird, und in kürzerer Zeit als jeder andere, der erstere Eigenschaft mit ihm teilt.

26.

Die Zeit des Physikers fällt nicht mit dem System der Zeitempfindungen zusammen. Wenn der Physiker eine Zeit bestimmen will, so legt er identische oder als identisch vorausgesetzte Vorgänge, Pendelschwingungen, Erdrotationen usw., als Maßstab an. Die mit der Zeitempfindung verknüpfte Tatsache wird also einer Reaktion unterworfen, und das Ergebnis derselben, die Zahl, zu der man gelangt, dient nun statt der Zeitempfindung zur nähern Bestimmung des Gedankenlaufs. Ganz ebenso richten wir unsere Gedanken über Wärmevorgänge nicht nach der Wärmeempfindung, die uns die Körper liefern, sondern nach der viel bestimmteren, welche durch die Thermometerreaktion bei Ablesung des Standes des Quecksilberfadens sich ergibt. Gewöhnlich wird an die Stelle der Zeitempfindung eine Raumempfindung (Drehungswinkel der Erde, Weg des Zeigers auf dem Uhrzifferblatt), und für die letztere wieder eine Zahl gesetzt. Stellt man z. B. den Temperaturüberschuß eines abkühlenden Körpers über die Umgebung durch $\vartheta = \Theta_e^{-kt}$ dar, so ist t jene Zahl.

Die Beziehung, in welcher die Größen einer Gleichung stehen, ist gewöhnlich (analytisch) eine allgemeinere als diejenige, welche man durch die Gleichung darstellen will. So haben in der Gleichung $\left(\frac{x}{a}\right)^2 + \left(\frac{y}{b}\right)^2 = 1$ alle beliebigen Werte von x einen analytischen Sinn, und liefern zugehörige Werte von y. Verwenden wir aber diese Gleichung zur Dar-

stellung einer Ellipse, so haben nur die Werte von $x < a$ und von $y < b$ einen (reellen) geometrischen Sinn.

Ähnlich müßte man, wenn dies nicht auf der Hand läge, ausdrücklich hinzufügen, daß die Gleichung $\vartheta = \Theta_e^{-kt}$ nur für wachsende Werte von t den Vorgang darstellt.

Denken wir uns den Verlauf verschiedener Tatsachen, z. B. die Abkühlung eines Körpers und den freien Fall eines andern, durch solche Gleichungen dargestellt, welche die Zeit enthalten, so kann aus denselben die Zeit eliminiert, und etwa der Temperaturüberschuß durch den Fallraum bestimmt werden. Die Elemente stellen sich dann einfach als abhängig von einander dar. Man müßte aber den Sinn einer solchen Gleichung durch die Hinzufügung näher bestimmen, daß nur wachsende Fallräume oder abnehmende Temperaturen nach einander einzusetzen seien.

Wenn wir so den Temperaturüberschuß durch den Fallraum bestimmt denken, so ist die Abhängigkeit keine unmittelbare. Darin stimme ich Petzoldt[1]) bei. Die Abhängigkeit ist aber ebenfalls keine unmittelbare, wenn wir den Temperaturüberschuß durch den Drehungswinkel der Erde bestimmt setzen. Denn niemand wird glauben, daß noch dieselben Temperaturwerte auf dieselben Winkelwerte entfallen würden, wenn die Erde etwa durch einen Stoß ihre Rotationsgeschwindigkeit ändern würde. Aus solchen Betrachtungen scheint mir doch zu folgen, daß unsere Aufstellungen provisorische sind, welche auf teilweiser Unkenntnis gewisser maßgebender, uns unzugänglicher unabhängig Variablen beruhen. Nur so wollte ich seiner Zeit meinen Hinweis auf eine Unbestimmtheit verstanden wissen[2]). Diese Ansicht ist auch sehr wohl verträglich mit der Aufstellung eindeutiger Bestimmtheiten, welche immer unter Voraussetzung gegebener Umstände und unter Abstraktion von ungewöhnlichen und unerwarteten Änderungen stattfindet. Diese Auf-

---

1) Petzoldt, Das Gesetz der Eindeutigkeit. Vierteljahrsschrift f. wissenschaftl. Philosophie, XIX, S. 146 fg.

2) Mach, Erhaltung der Arbeit. Prag 1872.

fassung ist, wie mir scheint, unvermeidlich, wenn man bedenkt, daß der von Petzoldt betonte Unterschied simultaner und sukzedaner Abhängigkeiten wohl für die anschauliche Vorstellung, nicht aber für die Gleichungen gilt, welche für erstere das quantitative Regulativ sind. Letztere können nur einerlei Art sein, nur simultane Abhängigkeiten aussprechen. Der Indeterminismus in gewöhnlichem Sinne, etwa die Annahme einer Willensfreiheit im Sinne mancher Philosophen und Theologen liegt mir gänzlich fern.

Die Zeit ist nicht umkehrbar. Ein warmer Körper in kalter Umgebung kühlt nur ab, und erwärmt sich nicht. Mit größeren (späteren) Zeitempfindungen sind nur kleinere Temperaturüberschüsse verknüpft. Ein Haus in Flammen brennt nieder, und baut sich nicht auf. Die Pflanze kriecht nicht, sich verkleinernd, in die Erde, sondern wächst, sich vergrößernd, hervor. Die Tatsache der Nichtumkehrbarkeit der Zeit reduziert sich darauf, daß die Wertänderungen der physikalischen Größen in einem bestimmten Sinne stattfinden. Von den beiden analytischen Möglichkeiten ist nur die eine wirklich. Ein metaphysisches Problem brauchen wir hierin nicht zu sehen.

Veränderungen können nur durch Differenzen bestimmt sein. Im Unterschiedslosen gibt es keine Bestimmung. Die eintretende Veränderung kann die Unterschiede vergrößern oder verkleinern. Hätten aber die Differenzen die Tendenz, sich zu vergrößern, so würde die Veränderung ins Unendliche und Ziellose gehen. Mit dem allgemeinen Weltbild, oder vielmehr jenem unserer beschränkten Umgebung, verträgt sich nur die Annahme einer im allgemeinen differenzverkleinernden Tendenz. Es würde aber bald überhaupt nichts mehr geschehen, wenn nicht von außen differenzsetzende Umstände, in unsere Umgebung eindringend, sich geltend machen würden.

Wir können auch, wie Petzoldt, aus unserem eigenen Bestehen, aus unserer körperlichen und geistigen Stabilität, auf die Stabilität, eindeutige Bestimmtheit und Einsinnigkeit der Vorgänge in der Natur schließen. Denn nicht nur sind wir selbst ein Stück

Natur (S. 276), sondern die genannten Eigenschaften in unserer Umgebung bedingen unser Bestehen und Denken (vgl. Populärwiss. Vorlesungen, 3. Aufl., S. 250). Allein zuviel läßt sich hierauf nicht bauen, denn die Organismen sind ein eigenartiges Stück Natur von sehr begrenzter und mäßiger Stabilität, welche ja tatsächlich auch zugrunde gehen, und zu deren Erhaltung anderseits eine nur mäßige Stabilität der Umgebung genügt. Es wird also am zweckmäßigsten sein, die Grenzen unseres Wissens, die sich überall zeigen, anzuerkennen und das Streben nach eindeutiger Bestimmtheit als ein Ideal anzusehen, das wir in unserem Denken, soweit als möglich, verwirklichen.

Ich betrachte die Sätze, die ich in der Zeit der größten Gärung meiner Gedanken (1871) niedergeschrieben habe, namentlich in ihrer Form, selbstverständlich nicht als unangreifbar, und sehe auch die Einwendungen von Petzoldt keineswegs als mutwillige an, hoffe aber, wenn ich ausführlicher auf den Gegenstand zurückkomme, den ich hier nur kurz berühren konnte, ohne das Wesentliche meiner Ansicht aufzugeben, doch eine volle Verständigung zu erzielen[1]).

1) Weitere Ausführungen über das hier Behandelte enthält meine kürzlich erschienene Schrift „Erkenntnis und Irrtum“, 1905, insbesondere S. 426—440.

XV. Die Aufnahme der hier dargelegten Ansichten.

1.

Nach Erscheinen der ersten Auflage dieser Schrift waren die Meinungen über dieselbe sehr geteilt. Die Anerkennung betraf aber in der überwiegenden Zahl der Fälle Einzelheiten, während die Grundansicht, welche zur ersteren geführt hatte, meist verworfen wurde. Die öffentliche Kritik[1]), so weit sie mir bekannt geworden ist, blieb übrigens auch in der Ablehnung maßvoll und war in ihrer Aufrichtigkeit für mich sehr lehrreich.

Der günstige Einfluß, welchen die späteren Publikationen von R. Avenarius auch auf das Urteil über meine Schrift geübt haben, ist nicht zu verkennen. Mußte es doch zu denken geben, daß ein Fachphilosoph in einer ausführlichen systematischen Darstellung einen Standpunkt begründete, den man bei einem Naturforscher als eine leicht begreifliche dilettantische Verirrung anzusehen geneigt war. Auch die Schüler von Avenarius und jüngere Forscher, welche auf eigenen Wegen sich mir genähert haben, stehen mir heute hilfreich zur Seite. Dennoch können die Kritiker, mit wenigen Ausnahmen, und auch diejenigen, welche meinen Grundgedanken ganz richtig referieren und sicherlich verstanden haben, schwere Bedenken gegen denselben nicht los

1) Daß die privaten Urteile ebenso maßvoll gewesen seien, würde ich auch dann nicht geglaubt haben, wenn mir solche nicht durch kleine Indiskretionen bekannt geworden wären. Ein mehr als geringschätziges Urteil eines deutschen Kollegen wurde mir auf einem sonderbaren Umwege mitgeteilt — sagen wir ungefähr über die Antipoden — in der unverkennbaren Absicht, mich zu verletzen. Diesen Zweck hat es allerdings verfehlt. Denn es wäre gewiß sehr unbillig, wenn ich das Recht, links liegen zu lassen, was mir unfruchtbar scheint, von dem ich ja selbst oft genug Gebrauch mache, nicht auch andern zugestehen wollte. Ein Bedürfnis aber, Leute, welche anderer Meinung sind, zu insultieren, habe ich allerdings nie gefühlt.

werden. Es ist dies kein Wunder. Denn der Plastizität meines Lesers werden sehr starke Zumutungen gemacht. Einen Gedanken logisch begreifen und denselben sympathisch aufnehmen, ist zweierlei. Die ordnende und vereinfachende Funktion der Logik kann ja erst beginnen, wenn das psychische Leben in der Entwicklung weit fortgeschritten ist, und schon einen reichen Schatz von instinktiven Erwerbungen aufzuweisen hat. Diesem instinktiven vorlogischen Bestand von Erwerbungen ist nun auf dem Wege der Logik kaum beizukommen. Es handelt sich vielmehr um einen psychologischen Umbildungsprozeß, der, wie ich an mir erfahren habe, selbst in jungen Jahren schwierig genug ist. Hier gleich auf Zustimmung zu rechnen, wäre daher unbescheiden. Ich bin vielmehr zufrieden, wenn man mich überhaupt nur zu Worte kommen läßt, und mich ohne Voreingenommenheit anhört. Ich will nun, dem Eindruck folgend, den ich durch die Kritiken erhalten habe, nochmals die Punkte hervorheben und beleuchteh, deren Aufnahme auf besonderen Widerstand trifft. Hiebei betrachte ich die vorgebrachten Einwendungen nicht als mutwillige und nicht als persönliche, sondern als typische, unterlasse also die Nennung von Namen.

2.

Wenn wir uns keinen Zwang antun, sehen wir die Erde feststehend, die Sonne aber und den Fixsternhimmel bewegt. Diese Auffassung ist für gewöhnliche praktische Zwecke nicht nur ausreichend, sondern sie ist auch die einfachste und vorteilhafteste. Die entgegengesetzte Ansicht hat sich aber für gewisse intellektuelle Zwecke als die bequemere bewährt. Obgleich beide gleich richtig und in ihrem Gebiet zweckmäßig sind, hat sich die zweite nur nach hartem Kampfe gegen eine der Wissenschaft widerstrebende Macht, welche hier mit der instinktiven Auffassung des gemeinen Mannes im Bunde war, geltend machen können. Die Zumutung, sich auf der Sonne statt auf der Erde stehend als Beobachter zu denken, ist nun aber nur eine Kleinigkeit gegen die Forderung, sein Ich für

nichts zu achten, dasselbe in eine vorübergehende Verbindung von wechselnden Elementen aufzulösen. Diese letztere Auffassung ist ja längst von verschiedenen Seiten vorbereitet[1]). Wir sehen solche Einheiten, welche wir Ich nennen, bei der Zeugung entstehen und durch den Tod verschwinden. Wollen wir nicht die heute schon abenteuerliche Fiktion uns erlauben, daß diese Einheiten latent schon vorher vorhanden waren und ebenso nachher fortbestehen, so können wir nur annehmen, daß es eben temporäre Einheiten sind. Die Psychologie und die Psychopathologie lehrt uns, daß das Ich wachsen und sich bereichern, verarmen und schrumpfen, sich fremd werden und sich spalten, kurz schon während des Lebens sich bedeutend ändern kann. Trotz alledem ist das Ich für meine instinktive Auffassung das Wichtigste und Beständigste. Es ist das Band aller meiner Erlebnisse und die Quelle aller meiner Tätigkeit. So ist auch ein starrer Körper für die rohe instinktive Auffassung etwas sehr Beständiges. Wird derselbe geteilt, aufgelöst, mit einem andern chemisch verbunden, so vermehrt und vermindert sich die Anzahl dieser Beständigkeiten. Wir nehmen jetzt, um den liebgewordenen Gedanken um jeden Preis festzuhalten, latente Beständigkeiten an, wir flüchten uns in die Atomistik. Da wir den verschwundenen oder veränderten Körper oft wieder restituieren können, so beruht dies hier auf etwas besseren Gründen, als in dem obigen Falle.

Praktisch können wir nun handelnd die Ichvorstellung so wenig entbehren, als die Körpervorstellung nach einem Ding greifend. Physiologisch bleiben wir Egoisten und Materialisten, so wie wir die Sonne immer wieder aufgehn sehen. Theoretisch muß aber diese Auffassung nicht festgehalten werden. Ändern wir dieselbe versuchweise! Ergibt sich hiebei eine Einsicht, so wird die schließlich auch praktische Früchte tragen.

---

1) Man vergleiche den Standpunkt von Hume und Lichtenberg. — Der Buddhismus kommt hier seit Jahrtausenden vorzugsweise von der praktischen Seite entgegen. Vgl. P. Carus, The Gospel of Buddha, Chicago 1894. — Vgl. auch die wunderbare Erzählung: P. Carus, Karma, a Story of Early Buddhism, Chicago 1894.

3.

Wer einmal unter dem Einflusse Kants gestanden, einen idealistischen Standpunkt eingenommen hat, und den Gedanken des Dinges an sich nicht bis zu den letzten Spuren losgeworden ist, bei dem bleibt eine gewisse Neigung zum Solipsismus zurück, die mehr oder weniger deutlich hervortritt. Ich kenne diesen Zustand sehr wohl aus meiner frühen Jugend, und finde denselben begreiflich. Der philosophische Denker macht dann das einzige prinzipiell unlösbare Problem des Ich zum Ausgangspunkt für alle übrigen. Das ist uns gegeben, darüber können wir nicht hinaus. Wenn daher spekulative Philosophen sagen: „Der Solipsismus ist der einzige konsequente Standpunkt", so wird dies verständlich aus ihrem Streben nach einem abgeschlossenen, allumfassenden, fertigen System der Weltauffassung. Ebenso konsequent, muß man allerdings sagen, ist auch der Materialismus für jenen, der glaubt, daß die Materie das einzige unmittelbar Gegebene, nicht weiter zu Enträtselnde sei. Dies gilt eben von jedem System. Sagt mir aber ein Naturforscher, der Solipsismus sei der einzige konsequente Standpunkt, so erregt dies meine Verwunderung. Ich will gar nicht darauf Gewicht legen, daß dieser Standpunkt besser für einen beschaulich dahinträumenden Fakir paßt, als für einen ernst denkenden und aktiven Menschen. Ich glaube aber, daß ein Naturforscher durch diese Wendung die philosophische Denkweise mit der naturwissenschaftlichen vertauscht. Der Naturforscher sucht keine vollendete Weltanschauung; er weiß schon, daß all' seine Arbeit die Einsicht nur erweitern und vertiefen kann. Für ihn gibt es kein Problem, dessen Lösung weiterer Vertiefung nicht bedürftig wäre, aber auch keines, das er als absolut unlösbar betrachten müßte. Ist ein Problem derzeit unangreifbar, so löst er einstweilen andere, welche zugänglicher sind. Kehrt er dann zu ersterem zurück, so hat es in der Regel viel von seiner abschreckenden Physiognomie verloren.

Gewiß ist das Ich nicht erschöpft, wenn man, ganz vorläufig, sagt, es bestehe in einem eigenartigen Zusammenhang der

Elemente, so lange die Art dieses Zusammenhanges im einzelnen nicht erforscht ist. Aber die hierher gehörigen Einzelprobleme wird nicht die Spekulation lösen, sondern die Lösung wird zunächst den Psychologen, Physiologen und Psychiatern zufallen, welchen wir manche wichtige Aufklärung über dieselben schon verdanken. Der physische Untergrund des Ich, der Leib [1]), wird die Anhaltspunkte liefern, welche die introspektive Psychologie nur sehr unvollständig beschaffen kann. Der solipsistische Naturforscher würde einem Physiker gleichen, für welchen das Thermometer das Grundproblem der Welt wäre, weil er heute die Ausdehnung durch die Wärme noch nicht vollständig durchschaut. Der solipsistische Philosoph hingegen scheint mir dem Manne nachzuahmen, der sich das Umdrehen abgewöhnt hat, weil das, was er sieht, doch immer nur sein Vorn ist. Über die unhaltbare instinktive Spaltung des Ich in ein erlebtes Objekt und ein aktives oder beobachtendes Subjekt, die jeden lange genug quält, der diesen Fragen denkend näher tritt, vergl. S. 20, 21.

4.

Wer von dem Ich als einer Realität, die allem zu Grunde liegt, nicht abzusehen vermag, der wird auch nicht umhin können, zwischen meinen Empfindungen und deinen Empfindungen einen fundamentalen Unterschied zu machen. So erscheinen dem, der an die absolute Beständigkeit des Körpers glaubt, alle Eigenschaften als diesem einen Träger angehörig. Wenn aber dieses silberweiße Stück Natrium schmilzt, sich in Dampf auflöst, der dem ursprünglichen Ding gar nicht mehr ähnlich sieht, wenn das Natrium in verschiedene Partieen geteilt, in verschiedene chemische Verbindungen übergeführt wird, so daß mehr oder auch weniger Körper vorhanden sind als vorher, so läßt sich die gewohnte Denkweise nur mehr äußerst künstlich aufrecht

1) Es handelt sich aber hier nicht um ein transcendentes unerkennbares Ich, welches vielleicht als letztes Ding an sich manchem Philosophen noch nicht eliminierbar scheint, obgleich er diesen Gedanken im allgemeinen schon überwunden hat.

halten. Es wird dann vorteilhafter, dieselben einzelnen Eigenschaften als bald diesem, bald jenem Komplex (Körper) angehörig anzusehen, und an die Stelle der nicht beständigen Körper das beständige Gesetz treten zu lassen, welches den Wechsel der Eigenschaften und ihrer Verknüpfungen überdauert. Die Zumutung, diese neue Denkgewohnheit anzunehmen, ist wieder keine geringe. Wie würden sich die antiken Forscher gesträubt haben, wenn man ihnen gesagt hätte: „Erde, Wasser, Luft sind gar keine beständigen Körper, sondern das Beständige sind die in denselben steckenden heutigen chemischen Elemente, von welchen viele nicht sichtbar, andere sehr schwer isolierbar oder aufbewahrbar sind. Das Feuer ist gar kein Körper, sondern ein Vorgang usw.“ Die große Wandlung, welche in diesem Schritt liegt, vermögen wir kaum mehr richtig abzuschätzen. Doch bereitet sich in der heutigen Chemie die Fortsetzung dieser Wandlung vor, und dieselben Wege der Abstraktion führen in ihrem Verlauf zu dem hier eingenommenen Standpunkte. So wenig ich nun das Rot oder Grün als einem individuellen Körper angehörig betrachte, so wenig mache ich auf dem Standpunkt, den ich zur allgemeinen Orientierung hier einnehme, einen wesentlichen Unterschied zwischen meinen Empfindungen und den Empfindungen eines andern. Dieselben Elemente hängen in vielen Verknüpfungspunkten, den Ich, zusammen. Diese Verknüpfungspunkte sind aber nichts Beständiges. Sie entstehen, vergehen und modifizieren sich fortwährend. Was aber augenblicklich nicht verknüpft ist, beeinflußt sich eben nicht merklich. Meine Auffassung wird nicht davon affiziert, ob es gelingen mag, oder nicht gelingen mag, durch eine Nervenverbindung fremde Empfindungen in mich hinüberzuleiten. Die bekanntesten Tatsachen sind für diese Auffassung eine genügende Basis.

5.

Vielleicht noch mehr als die Grundgedanken hat vielen Lesern der allgemeine Charakter meiner Weltauffassung widerstrebt, welchen sie, freilich irrtümlich, zu erkennen glaubten. Da

muß ich nun zunächst sagen, daß derjenige gewiß von der richtigen Würdigung meiner Ansicht sehr weit entfernt ist, welcher dieselbe trotz wiederholter Proteste von meiner und auch von anderer Seite mit der Berkeleyschen identifiziert[1]). Etwas liegt ja daran, daß meine Ansicht aus einer idealistischen Phase hervorgegangen ist, welche noch Spuren in den Ausdrücken zurückgelassen hat, die auch nicht ganz verwischt werden sollen. Denn der bezeichnete Weg zu meinem Standpunkt scheint mir der kürzeste und natürlichste. Hiemit hängt es auch zusammen, daß meine Leser mitunter die Scheu vor dem Panpsychismus ergreift. In dem verzweifelten Kampf einer einheitlichen Weltauffassung gegen das instinktive dualistische Vorurteil verfällt mancher dem Panpsychismus. Ich hatte in früher Jugend solche Anwandlungen durchzumachen, und Avenarius laboriert noch in seiner Schrift von 1876 daran. In bezug auf diese beiden Punkte empfinde ich es geradezu als ein Glück, daß Avenarius dieselbe Auffassung von dem Verhältnis des Physischen und Psychischen auf ganz realistischer (wenn man will, materialistischer) Grundlage entwickelt hat, so daß ich auf seine Ausführungen einfach verweisen kann.

6.

Nicht nur den Naturforschern, sondern auch den Fachphilosophen scheint meine Welt aus Elementen (Empfindungen)

1) Soll ich noch einmal den Unterschied mit einem Wort bezeichnen? — Berkeley sieht die „Elemente“ als durch etwas außer denselben Liegendes, Unbekanntes (Gott) bedingt an, wofür Kant, um als nüchterner Realist zu erscheinen, das „Ding an sich“ erfindet, während die hier vertretene Anschauung mit einer Abhängigkeit der „Elemente“ von einander praktisch und theoretisch das Auskommen zu finden glaubt. Es scheint mir, daß man bei Auslegung Kants auf dessen so natürliche und psychologisch verständliche Scheu, für einen Phantasten gehalten zu werden, zu wenig Rücksicht genommen hat. Nur aus diesem Gesichtspunkt kann man verstehen, daß der Mann, für den nur auf mögliche Erfahrung anwendbare Begriffe Sinn und Wert hatten, ein Ding an sich statuieren konnte, über welches keine Erfahrung denkbar ist. Der gemeine Mann und der Naturforscher verhalten sich ja ganz klug, indem sie der einzelnen Sinnesempfindung das Ding als Vorstellungskomplex aller erinnerten und noch erwarteten an diese Empfindung sich knüpfenden Erfahrungen gegenüberstellen. Für den, der sich Kants Denkweise angeeignet, verliert dieses Verhalten an der Grenze der Erfahrung jeden Sinn.

zu luftig. Daß ich die Materie als ein Gedankensymbol für einen relativ stabilen Komplex sinnlicher Elemente betrachte, wird als eine geringschätzige Auffassung bezeichnet. Die Außenwelt sei als eine Summe von Empfindungen nicht genügend erfaßt, man müsse zu den wirklichen Empfindungen mindestens noch die Empfindungsmöglichkeiten Mills einführen. Dagegen muß ich bemerken, daß auch für mich die Welt keine bloße Summe von Empfindungen ist. Vielmehr spreche ich ausdrücklich von Funktionalbeziehungen der Elemente. Damit sind aber die Millschen „Möglichkeiten" nicht nur überflüssig geworden, sondern durch etwas weit Solideres, den mathematischen Funktionsbegriff, ersetzt. Hätte ich geahnt, daß ein kurzer präziser Ausdruck so leicht übersehen wird, und daß eine breite populäre Darstellung bessere Dienste tut, so würde mir eine Darstellung entsprochen haben, wie sie etwa H. Cornelius[1]) „über den Begriff der objektiven Existenz" in vorzüglicher Weise gibt. Allerdings würde ich auch hier den Ausdruck Möglichkeit vermieden und dafür den Funktionsbegriff verwendet haben.

Von anderer Seite läßt man durchblicken, daß meine Position aus einer überwiegenden Sinnlichkeit und entsprechend geringem Verständnis für den Wert der Abstraktion und des begrifflichen Denkens zu verstehen sei. Nun, ohne starke Sinnlichkeit kann der Naturforscher nicht viel verrichten. Dieselbe hindert ihn aber nicht, klare und scharfe Begriffe zu bilden. Im Gegenteil! Die Begriffe der heutigen Physik können sich an Präzision und Höhe der Abstraktion mit jenen irgend einer andern Wissenschaft messen, bieten aber zugleich den Vorteil, daß man sie immer leicht und sicher bis zu den sinnlichen Elementen, auf welche sie aufgebaut sind, zurückverfolgen kann. Für den Naturforscher ist die Kluft zwischen der anschaulichen Vorstellung und dem begrifflichen Denken nicht so groß und nicht unüberbrückbar. Nebenbei möchte ich bemerken, daß ich über die physikalischen Begriffe keineswegs geringschätzig denke, sondern seit fast vier Dezennien mich vielfach und eingehender, als es zuvor geschehen

1) Psychologie als Erfahrungswissenschaft. Leipzig 1897, S. 99 und insbesondere S. 110 u. 111.

ist, mit deren Kritik beschäftigt habe. Und da die Ergebnisse dieser Beschäftigung nach langem Widerstreben bei den Physikern allmählich Zustimmung finden, so möchte diese doch wenigstens keine leichtfertige sein. Wenn aber der Physiker, der von Haus aus gewöhnt war, zu jeder Definition ein Kilogewicht in die Hand gedrückt zu bekommen, sich allmählich mit Definitionen zufrieden gibt, die alle auf eine Funktionalbeziehung sinnlicher Elemente hinauslaufen, so wird wohl auch der Philosoph nicht noch physikalischer sein wollen. Die betreffenden Einzelausführungen können aber natürlich nicht in dieser Skizze Platz finden, welche nur ein Programm für den Anschluß der exakten Wissenschaften aneinander sein will, sondern nur in den physikalischen Schriften des Verfassers. Die Kenntnis dieser Schriften auch nur bei jedem Physiker, geschweige denn bei dem Fache Fernerstehenden vorauszusetzen, wäre ja höchst unbescheiden. Mit dieser Unkenntnis hängt es aber zusammen, daß man mir z. B. zumutet, die „Spontaneität“ und „selbständige Gesetzlichkeit“ des Denkens gänzlich übersehen zu haben. Auch den bloßen Empfindungen gegenüber verhalten wir uns ja nicht nur passiv, sondern dieselben lösen eine biologische Reaktion aus, deren natürliche Fortsetzung eben die Anpassung der Gedanken an die Tatsachen ist. Würde letztere sofort vollkommen gelingen, so wäre hier der Prozeß wohl zu Ende. Da aber verschiedene unvollkommen angepaßte Gedanken mit einander in Widerstreit geraten, so setzt sich der biologische Prozeß fort. Es findet das statt, was ich die Anpassung der Gedanken aneinander genannt habe. Ich möchte nun wirklich wissen, welcher Prozeß der wissenschaftlichen Entwicklung, die logische eingeschlossen, hierin nicht einbegriffen wäre? Man erlaube mir, diese Gegenreden, in welchen ich nur längst und oft Gesagtes wiederholen müßte, vorläufig hier abzubrechen.

7.

Manchen Lesern erscheint die Welt in meiner Auffassung als ein Chaos, ein unentwirrbares Gewebe von Elementen. Sie vermissen die leitenden einheitlichen Gesichtspunkte. Dies beruht

aber auf einem Verkennen der Aufgabe meiner Schrift. Alle wertvollen Gesichtspunkte der Spezialwissenschaften und der philosophischen Weltbetrachtung bleiben weiter verwendbar und werden auch von mir verwendet. Die scheinbar destruktive Tendenz ist lediglich gegen überflüssige und deshalb irreführende Zutaten zu unseren Begriffen gerichtet. So glaube ich gerade den Gegensatz des Psychischen und Physischen, des Subjektiven und Objektiven, richtig auf das Wesentliche zurückgeführt und zugleich von traditionellen abergläubischen Auffassungen gereinigt zu haben. Hiebei werden wissenschaftlich bewährte Gesichtspunkte nicht alteriert und für neue wird zugleich Raum gewonnen. Ich will auch nicht das elegisch oder fromm jammernde ‚Ignorabimus' durch eine selbstgenügsame verstockte Abkehr von Wissenswertem und Erkennbarem ersetzen. Denn im Verzichten auf die Beantwortung als sinnlos erkannter Fragen liegt durchaus keine Resignation, sondern der Masse des wirklich Erforschbaren gegenüber das einzig vernünftige Verhalten des Forschers. Kein Physiker wird heute, wenn er das Perpetuum mobile nicht mehr sucht, kein Mathematiker, wenn er um die Quadratur des Zirkels oder um die Lösungen der Gleichungen fünften Grades in algebraischer geschlossener Form sich nicht mehr bemüht, darin Resignation sehen wollen. So ist es auch in allgemeineren philosophischen Fragen. Die Probleme werden entweder gelöst oder als nichtig erkannt.

Wo steckt der Fehler oder die Einseitigkeit in Machs philosophischen Ansichten? Ich finde diese Frage eines meiner Kritiker sehr milde. Denn ich bin überzeugt, daß meine Ausführungen in mehr als einer Richtung sehr mangelhaft sind. Dies kann auch bei radikaleren Umwandlungsprozessen der Ansichten kaum anders sein. Dieselben spielen sich auch in einem Kopfe nie vollständig ab. Ich kann darum diese Mängel auch nur fühlen aber nicht aufzeigen. Ich wäre ja sonst ein gutes Stück weiter. Aber auch aus den Schriften meiner Kritiker sind mir dieselben nicht klar geworden. Warten wir also noch ein wenig!

Daraus, daß meinen Ansichten Argumente entgegen gehalten werden, die in diesem Buche und in anderen meiner Schriften ausführlich erörtert sind, möchte ich keinem Menschen einen Vorwurf machen. Es muß ja eine wahre Qual sein, die Masse des Erscheinenden lesen und noch dazu in knapp zugemessener Zeit mit pflichtmäßiger Überlegenheit beurteilen zu müssen. Ich habe für diesen wichtigen Beruf nie Geschmack verspürt und habe deshalb in 40 Jahren wohlgezählte 3 Rezensionen geschrieben. Es sei also den Herren gegönnt, daß sie sich, wenn auch zum Teil auf meine Kosten, die Pein erleichtert haben. Man wird mir hoffentlich dafür auch nicht übelnehmen, daß ich nicht auf jeden Ausfall, auf jeden vermeintlich gut angebrachten Sarkasmus reagiere.

Seither hat noch Hönigswald in einer eigenen Schrift (Zur Kritik der Machschen Philosophie, Berlin 1903) sich mit meinem Standpunkt beschäftigt. Ich muß nun anerkennen, daß Hönigswald sich die Mühe nicht hat verdrießen lassen, meine Schriften zu lesen; auch habe ich gegen das Ergebnis einer Kritik, daß nämlich mein Standpunkt mit dem Kantschen unverträglich ist, nicht das mindeste einzuwenden. Freilich werden kaum alle Philosophen hiernach schon annehmen, daß mein Standpunkt überhaupt unhaltbar ist. Mit Kant ist es mir eben eigentümlich ergangen. Sein kritischer Idealismus war, wie ich in größter Dankbarkeit anerkenne, der Ausgangspunkt meines ganzen kritischen Denkens. Es war mir aber unmöglich denselben beizubehalten. Vielmehr habe ich mich sehr bald den Ansichten Berkeleys wieder genähert, welche in Kants Schriften mehr oder weniger latent enthalten sind. Durch sinnesphysiologische Studien und durch Herbart kam ich zu Auffassungen, verwandt den Humeschen, ohne damals Hume noch zu kennen. Auch heute noch muß ich Berkeley und Hume gegenüber Kant als die weitaus konsequenteren Denker ansehen. Es kann nicht die Aufgabe eines Naturforschers sein, einen Philosophen wie Kant, der aus den Zeitverhältnissen beurteilt werden muß, zu kritisieren oder zu widerlegen. Nebenbei gesagt wäre es auch keine große Heldentat

mehr, die Unzulänglichkeit der Kantschen Philosophie zur Leitung der modernen Naturforschung aufzuzeigen. Das ist ja durch die Fortschritte auf allen Gebieten, auch auf dem der Philosophie, längst geschehen. Hönigswald verkennt gänzlich die vorsichtig versuchende Näherungsmethode des Naturforschers, wenn er aus den Äußerungen allgemeinerer Gesichtspunkte gleich ein abgeschlossenes philosophisches System herausliest. Des Naturforschers Beständigkeiten sind keine absoluten, die von ihm untersuchten Änderungen entsprechen aber auch nicht dem schrankenlosen Heraklitschen Fluß. Ich nenne biologische Ziele praktisch, sobald sich dieselben nicht auf die reine Erkenntnis als Selbstzweck beziehen. Man bedenke, in welche Lage der Naturforscher käme, wenn er vor Beginn seines Denkens jedes philosophische System einzeln widerlegen sollte. Noch einmal: Es gibt keine Machsche Philosophie![1]).

8.

Ob es mir jemals gelingen wird, den Philosophen meine Grundgedanken plausibel zu machen, muß ich dahin gestellt sein lassen. Bei aller Hochachtung vor der riesigen Geistesarbeit der großen Philosophen aller Zeiten ist mir dies zunächst auch weniger wichtig. Aufrichtig und lebhaft wünsche ich aber eine Verständigung mit den Naturforschern, und diese halte ich auch für erreichbar. Ich möchte denselben nur zu bedenken geben, daß meine Auffassung alle metaphysischen Fragen ausschaltet, gleichgiltig, ob sie nur als gegenwärtig nicht lösbar oder überhaupt und für immer als sinnlos angesehen werden. Ferner möchten dieselben erwägen, daß alles, was wir von der Welt wissen können, sich notwendig in den Sinnesempfindungen ausspricht, welche in genau angebbarer Weise von den individuellen Einflüssen der Beobachter befreit werden können (S. 281). Alles was wir zu wissen wünschen können, wird durch Lösung einer Aufgabe von mathematischer Form geboten, durch die Er-

1) Vgl. Erkenntnis und Irrtum, 1905, Vorwort.

mittlung der funktionalen Abhängigkeit der sinnlichen Elemente voneinander. Mit dieser Kenntnis ist die Kenntnis der „Wirklichkeit" erschöpft. Die Brücke zwischen der Physik im weitesten Sinne und der naturwissenschaftlichen Psychologie bilden eben dieselben Elemente, welche je nach dem untersuchten Zusammenhang physische oder psychische Objekte sind.

9.

Manche, wahrscheinlich viele Physiologen dürften an meiner Stellung in einer Detailfrage Anstoß genommen haben, über die ich noch einige Worte sagen möchte. Ich schätze Untersuchungen wie jene von S. Exner[1]) hoch und glaube, daß viele wichtige Fragen betreffend die psychischen Erscheinungen gelöst werden können durch bloße Erforschung der nervösen Verbindungen der Zentralorgane[2]) und Beachtung der quantitativen Abstufungen[3]) der Erregungen. Exners Buch selbst gibt ja dafür einen Beleg. Die Hauptprobleme bleiben mir aber ungelöst zurück. Denn ich kann mir auf meinem Standpunkt nicht denken, wie die qualitative Mannigfaltigkeit der Empfindungen durch Variation der Verbindungen und bloße quantitative Verschiedenheiten zustande kommen sollte, und ich konnte dies schon vor fast 40 Jahren nicht. Fechners Psychophysik, welche so bedeutend gewirkt hat, hat auch mich damals mächtig angeregt. Ich hielt, durch dieses Buch begeistert, über diesen Gegenstand recht mangelhafte Vorlesungen, welche noch dadurch an Wert verloren, daß ich den Fechnerschen Gedanken der Maßformel bald als einen Irrtum erkannte. Bei dieser Gelegenheit sagte ich, nachdem die Helmholtzsche Telegraphendraht-Theorie der Empfindungen auseinander gesetzt war: „Sollten aber die elektrischen Vorgänge in den Nerven zu einfach sein, um für eine Erklärung (verschiedener Empfindungsqualitäten) auszureichen? Sollte es notwendig sein, die Erklärung hinauszuschieben in noch unbe-

1) Entwurf zu einer physiologischen Erklärung der psychischen Erscheinungen, Wien 1894.

2) A. a. O. S. 4.

3) A. a. O. S. 3.

kannte Gebiete? Wie denn, wenn wir nach Durchforschung des ganzen Hirnes überall nur elektrische Ströme finden? Meine unmaßgebliche Meinung ist diese: Die elektrischen Untersuchungen der Nerven sind gewiß sehr feiner Art, in gewisser Hinsicht sind sie aber auch wieder sehr grob. Ein elektrischer Strom von gegebener Intensität sagt uns nichts, als daß eine bestimmte Quantität lebendiger Kraft in der Zeiteinheit durch den Querschnitt des Stromes wandert. Welche Vorgänge und Molekularbewegungen es sind, die jene lebendige Kraft befördern, wissen wir nicht. Es können die verschiedensten Vorgänge derselben Stromintensität zu Grunde liegen"[1]). Diesen Gedanken bin ich bis heute nicht los geworden und muß denselben im wesentlichen noch ebenso, etwa durch Hinweis auf denselben Strom in verschiedenen Elektrolyten, begründen[2]). Die Fortschritte der physiologischen Chemie[3]), die Erfahrungen bei Transplantation[4]) von verschiedenen Organen, scheinen mir heute noch entschiedener zu Gunsten desselben zu sprechen. Rollett[5]) hat wichtige Fragen, welche zu Ausführungen dieser Schrift in naher Beziehung stehen, auf Grund eigener und fremder Arbeiten, in sehr belehrender Weise in ihrem Zusammenhang erörtert.

---

1) Vorlesungen über Psychophysik. Zeitschr. f. prakt. Heilkunde. Wien 1863, S. 335, 336.

2) S. d. Vorwort zur englischen Ausgabe des vorliegenden Buches, Chicago 1897, S. V, VI.

3) Huppert, Über die Erhaltung der Arteigenschaften, Prag 1896.

4) Ribbert, Über Transplantation von Ovarium, Hoden und Mamma. Arch. f. Entwicklungsmechanik, 1898, Bd. 7.

5) Entwicklungslehre und spezifische Energie. (Mitteilungen des Vereins der Ärzte in Steiermark, 1902, No. 8.)

Zusätze.

Zusatz 1 zu S. 30.

Der Mensch, welcher augenblicklich nur ein praktisches Ziel verfolgt, und ein solcher ist oft genug auch der Gelehrte, der untersuchende Physiker, ja selbst der Philosoph, der augenblicklich nicht kritisch sein will, muß durchaus nicht seine instinktiv erworbene natürliche Weltauffassung aufgeben, die ihn bei seiner Tätigkeit automatisch leitet. Er kann, wie der gemeine Mann, von Dingen, die er ergreifen, auf die Wage legen, von Gegenständen, die er untersuchen will, sprechen und sich darnach verhalten. Will er aber über die Bedeutung seiner Sinne, über das Verhältnis des Physischen und Psychischen denken, so wird er wohl überlegen müssen, daß nur die Verschiedenartigkeit der Abhängigkeit der sinnlichen Elemente von anderen sinnlichen Elementen ihn seinen Leib von anderen Umgebungsbestandteilen unterscheiden lehrt. Von der Materie, von der Welt wissen wir durchaus nur, daß sie die funktionale Verknüpfung der sinnlichen Elemente eines und auch verschiedener Menschen darstellt. Nichts ist wirklich, was nicht unter gewissen Bedingungen, die sinnlichen Elemente, den Bewußtseinsinhalt dieses oder jenes Menschen beeinflussen kann. Was wir erlebt haben, hinterläßt uns Erinnerungen, Vorstellungen. Während aber ein heiß, leuchtend, flackernd Empfundenes eine Flamme ist, an der man auch Wasser kochen kann, läßt sich mit einem heiß, leuchtend, flackernd Vorgestellten zunächst nichts in der Umgebung verrichten. In ersterem deckt sich Psychisches und Physisches, in letzterem ist die Beziehung lockerer, aber nicht aufgehoben. Die Vorstellung ist gerade so wirklich, wie das Physische, z. B. wenn sie mich treibt, Feuer zu machen, um mir Tee zu bereiten.

Vgl. Mach, Sur le rapport de la physique avec la psychologie (Binet, L'Année, Psychologique XII, 1906, S. 303). — Mach, Sinnliche Elemente und naturwissenschaftliche Begriffe (Archiv f. d. ges. Physiologie, Bd. CXXXVI, S. 263).

Zusatz 2 zu S. 32.

So einfach und nüchtern der Gedanke auf S. 32 auch scheint, kann er doch gründlich enttäuschen. Dr. A. Brückner hat nämlich durch eine schöne Experimentaluntersuchung gezeigt, daß der blinde Fleck nicht nur durch das Verschwinden auf ihm entworfener Bilder, sondern auch durch Kontrast, Nachbilder und durch Ausfüllen mit positivem Empfindungsinhalt von einem andern Teil der Netzhaut her sichtbar gemacht werden kann. Die schönsten Erscheinungen treten auf, wenn eine gerade Grenze zwischen Schwarz und Weiß durch den blinden Fleck hindurchgeht (Archiv f. d. ges. Physiologie, Bd. CXXXVI, S. 610—557).

Zusatz 3 zu S. 37.

So lange die A, B, C . . . nur qualitative Merkmale bedeuten, welche durch einander bestimmt, eingeschränkt, von einander abhängig sind, kann von Gleichungen, Funktionen nur in symbolischem Sinn die Rede sein. Ich möchte zur Aufklärung dieses Verhältnisses auf die Ausführungen S. 74—78, ferner S. 281 Absatz 21, 22, dann S. 300 Absatz 8, ferner auf die Ausführungen in „Erkenntnis und Irrtum", 2. Aufl., S. 278 und S. 320—323 verweisen.

Zusatz 4 zu S. 45.

C. Stumpf in seiner Eröffnungsrede des Münchener internationalen Kongresses für Psychologie, 3. Aufl., 1909, S. 18, sowie W. Ostwald, in den Vorlesungen über Naturphilosophie, 1902, S. 377 u. f., machen die Annahme einer besonderen psychischen Energie. In „Erkenntnis und Irrtum", 2. Aufl., S. 43, habe ich mich über diese Hypothese ausgesprochen. Ich möchte hier noch bemerken, daß die Energie ein Maßbegriff ist, der uns im Ge-

biet der Psychologie, wo es sich um qualitative Vorgänge handelt, nicht helfen kann.

Zusatz 5 zu S. 51.

Ich bin von dem ursprünglichen Fechnerschen Parallelismus ausgegangen. Aber selbst die Betrachtung des Psychischen und Physischen als zwei Seiten eines Dritten, kann ich nicht so verächtlich finden. Es liegt ein besonnener Kompromiß des Spiritualismus mit dem Materialismus darin, der zu weiteren wissenschaftlichen Konsequenzen führt. Setzen wir statt dessen zwei Beobachtungsweisen desselben Vorganges, so wird an dieser Formel kein Naturforscher mehr Anstoß nehmen. Meine besondere Anwendung des Prinzips geht nun über die Fechnersche hinaus. Ich suche nach Formähnlichkeit, Formverwandtschaft zwischen dem Psychischen und dem entsprechenden Physischen, oder ungekehrt.

Zusatz 6 zu S. 73.

Man vergleiche Paul Jensen, „Organische Zweckmäßigkeit, Entwicklung und Vererbung vom Standpunkte der Physiologie", Jena 1907, welche gründliche Untersuchung über das hier Gesagte weit hinausgeht.

Zusatz 7 zu S. 81.

Vgl. besonders C. Menger, „Untersuchungen über die Methode der Sozialwissenschaften und der politischen Ökonomie insbesondere", Leipzig 1883.

Zusatz 8 zu S. 85.

Es scheint, daß die Entwicklung der organischen Wesen die verschiedensten Wege eingeschlagen, beim Menschen sich aber vorzugsweise die Hirnentwicklung als die vorteilhafteste erwiesen hat. Dadurch werden starke Variationen der andern Körperformen unnötig. Vgl. Zusatz 18 zu S. 251.

Zusatz 9 zu S. 108.

Untersuchungen, mit denen Fr. Hillebrand gegenwärtig beschäftigt ist, ergeben jedoch, daß der Satz von der Kompen-

sation der relativen Raumwerte durch die absoluten nicht bedingungslos gilt. Fixiert man einen langsam intermittierenden medianen Lichtpunkt im Dunkelraum und führt den Blick während einer Dunkelphase auf einen etwa rechts gelegenen Lichtpunkt über, so erscheint der tatsächlich mediane Punkt bei seinem nächsten Auftreten links von der scheinbaren Mediane: die letztere liegt nunmehr zwischen den beiden Lichtpunkten. Die Verlagerung wird noch beträchtlich stärker, wenn man den seitlichen Lichtpunkt wegläßt, also Blickbewegungen ohne sichtbares Ziel ausführt. Überraschend groß wird sie, wenn man im Rhythmus der Dunkelphasen zwischen Rechts- und Linksstellung wechselt ohne in der Mitte Halt zu machen. Die Verlagerung bleibt bestehen, wenn man vor dem Versuche ein dauerhaftes zentrales Nachbild erzeugt hat. Das Ausmaß der Verlagerung ist variabel und hängt von Umständen ab, die einstweilen nur teilweise bekannt sind, so zweifellos von der scheinbaren Entfernung der Punkte. Bei den hier verwendeten Entfernungen (3—8 m) gehen die beiläufigen Schätzungen der Vpp. meistens dahin, daß die neue Mediane um etwa $^1/_3$ des Abstandes der beiden Lichtpunkte verlagert sei. Verwendet man statt der beiden Lichtpunkte je ein Paar von Lichtpunkten, deren Abstand so gewählt ist, daß sie mit parallelen Gesichtslinien haploskopisch verschmolzen werden können (mit Abblendung der peripheren Halbbilder und intermittierendem Aufleuchten des medianen Paares), so ist die Verlagerung sehr stark sichtbar; sie wird bedeutend geschwächt, wenn man unter sonst gleichen Umständen mit gekreuzten Gesichtslinien haploskopiert.

Aus diesen Versuchen geht hervor, daß unter den hier bestehenden Verhältnissen (Dunkelzimmer, Lichtpunkte) die Blickbewegung zwar ebenfalls, wie beim normalen Sehen, mit einer Änderung der absoluten Raumwerte verbunden ist, aber nicht in dem Ausmaße, welches nötig wäre um die Änderung der relativen, durch die Bildverschiebungen gegebenen Raumwerte vollständig zu kompensieren (worauf übrigens schon Sachs und Wlassak aufmerksam gemacht haben). Der Betrag, um welchen

die Mediane verlagert erscheint, gibt an, um wie viel die tatsächliche hinter der vollen Kompensation zurückbleibt, welch letztere unter den Verhältnissen des gewöhnlichen Sehens fast oder ganz erreicht wird. Zur Erklärung dieser Verschiedenheit zieht H. die Tatsachen heran, daß auch die absoluten Entfernungen im Dunkelraum weit hinter den Entfernungen im hellen, mit Objekten erfüllten Raum zurückbleiben (ein mit parallelen Gesichtslinien erzeugtes Verschmelzungsbild erscheint ersterenfalles etwa $1^1/_2$ m entfernt). Da Objekte von gleicher scheinbarer Breite sich unter um so größeren Gesichtswinkeln abbilden müssen je näher sie liegen (Alléecurve), so bedeutet jedes Defizit an scheinbarer Entfernung eine Störung der normalen Zuordnung zwischen scheinbarer und wirklicher Breite: der Punkt wird an einer Stelle gesehen, der de norma ein größerer objektiver Breitenwinkel entsprechen würde. Wenn also mit der lateralen Blickbewegung diejenige Kompensation verbunden ist, die unter normalen Verhältnissen erworben wurde, so muß diese Kompensation relativ zur nunmehrigen Breite zu klein, d. h. sie kann nur eine partielle sein.

Mit der Tatsache der bloß partiellen Kompensation (s. o. S. 108) bringt H. auch die Beobachtungen in Verbindung, welche O. Schwarz (Zeitschr. f. Psychol. Bd. III, S. 398ff.) und E. B. Holt (Harvard Psychol. Studies, Vol. I, S. 3 ff.) im Anschluß an die oben beschriebene falsche Nachbildlokalisation mitgeteilt haben. Die genannten Autoren beobachten nämlich außer dem falsch lokalisierten auch einen richtig lokalisierten Nachbildstreifen, der aber an Länge den ersteren übertrifft — nach Holt um das Dreifache. Den von Mach ausgesprochenen Gedanken, daß es sich hierbei nur um ein Beharren der früheren, also noch unkompensierten Ortswerte handelt, braucht man dann bloß im Sinne der partiellen Kompensation zu modifizieren: die beiden Nachbilder müssen sich dann verhalten wie die kompensierte zur unkompensierten Quote der Blickbewegung, wobei das Größenverhältnis selbst natürlich von den besonderen Bedingungen des Versuches abhängt.

Zusatz 10 zu S. 112.

Die hier beschriebene Umkehrung des Aristotelischen Tastversuches in der besonderen Form mit glatten Stäbchen habe ich vor vielen Jahren ausgeführt, aber erst in einer späteren Auflage der „Analyse“ beschrieben. R. Ewald verwendet zu demselben Zweck („Die Umkehrung des Versuchs des Aristoteles“, Zeitschr. für Sinnesphysiologie 1908, Bd. XLIV) gespannte Fäden, beobachtet die Modifikation des Ausfalls durch Aufmerksamkeit auf die Fingerlage, und gibt an, daß die Umkehrung zuerst beschrieben wurde von Victor Henri in dem Buche: „Über die Raumwahrnehmungen des Tastsinnes“, Berlin 1898, S. 67 u. ff.

Zusatz 11 zu S. 122.

Ich möchte bei dieser Gelegenheit nicht unterlassen, auf das Buch von E. v. Cyon, „Das Ohrlabyrinth als Organ der mathematischen Sinne für Raum und Zeit“, Berlin 1908, hinzuweisen. Ich fühle mich nicht verpflichtet auf dessen Anwürfe, Beschuldigungen, Verdächtigungen usw. einzugehen, gönne aber meinen Lesern gern dessen Lektüre. Das Wenige, was ich über den Gegenstand geschrieben habe, beschränkt sich auf die Zeit einiger Monate der Jahre 1873, 1874 und einen kleinen Nachtrag in diesem Buch 1886 und liegt für jeden Sachkundigen offen da.

Zusatz 12 zu S. 147.

Vgl. das in Zusatz 10 erwähnte wertvolle Buch von Victor Henri.

Zusatz 13 zu S. 159.

Vgl. die Ausführungen in „Erkenntnis und Irrtum“.

Zusatz 14 zu S. 162.

Herr H. v. Buttel-Reepen schreibt mir: „In meinem Schreiben v. 29. XII. 08 erlaubte ich mir darauf hinzuweisen, daß die Bezeichnung: ‚recht hohe psychische Entwicklung‘ (S. 161/162) wohl zu viel besagt, da sowohl Wasmann, Forel und ich einig darin sind, daß die Ameisen und Bienen allerdings viel höher

stehen als eine Reflexmaschine, dennoch aber keine hohe psychische Entwicklung aufweisen, wohl eine vielseitige, die aber doch immerhin nach meiner Ansicht entweder ganz unter der Bewußtseinschwelle bleibt, oder, wenn ich es so sagen darf, an der Grenze der Instinkte hinzieht und mit einem Dämmerbewußtsein verbunden sein mag. Die Modifikationsfähigkeit, das plastische Vermögen nach unserer Ansicht scheint sehr beschränkt zu sein. Immerhin ist ein Ortsgedächtnis, Lernvermögen usw. vorhanden"

Ich führe also die Worte des Herrn v. Buttel-Reepen an, um ihm diesmal gerecht zu werden. Übrigens scheint man sich auf dem Standpunkt zu einigen, den ich in der 4. Auflage ungefähr einnahm, als der Streit zwischen Bethe und seinen Gegnern losging. Ich bezweifelte damals, gegen Bethe, daß es ganz unmodifizierbare Reflexe gebe, und hielt den Unterschied zwischen Reflex und Willkürhandlung für einen nur graduellen. Warum soll man bei einem Vorgang, der unserem psychischen analog ist, durchaus nur nach äußeren und gar nicht nach inneren Analogien ausblicken. Ebensowenig begreife ich das Unglück mancher Tierpsychologen, wenn sie zugeben müssen, daß Prozesse, analog unsern Großhirnvorgängen, die Tiere leiten. Muß denn deshalb die ganze wissenschaftliche Tierpsychologie in die Brüche gehen? Die Großhirnvorgänge sind gerade solche Prozesse, wie die übrigen Hirn- und Rückenmarksprozesse, nur weniger berechenbar, weil durch die Zufälligkeiten der individuellen Lebensgeschichte bestimmt. Die Großhirnvorgänge müssen aber darum nicht gleich aus einer anderen Welt stammen.

Zusatz 15 zu S. 184.

Grundzüge der Theorie der geometrisch-optischen Gestalttäuschungen.

Die geometrisch-optischen Gestalttäuschungen, deren Theorie ich ausführlich behandelt habe[1]), sind dadurch charakterisiert, daß

1) L. Burmester, Theorie der geometrisch-optischen Gestaltungen. Zeitschrift für Psychologie Bd. XLI, S. 321 (1906) und Bd. L, S. 219 (1908).

an einem monokular betrachteten, körperlichen Gebilde Ferneres näher und Näheres ferner, somit Vertieftes erhaben und Erhabenes vertieft erscheint.

Betrachtet man, wie in Fig. 1 veranschaulicht wird, ein aus weißem Karton geschnittenes Objektblatt **ABCD**, das in seiner Mitte **G** auf einem in ruhender Hand gehaltenen Stab befestigt ist, in schräger Lage monokular mit ruhendem Auge; und fixiert

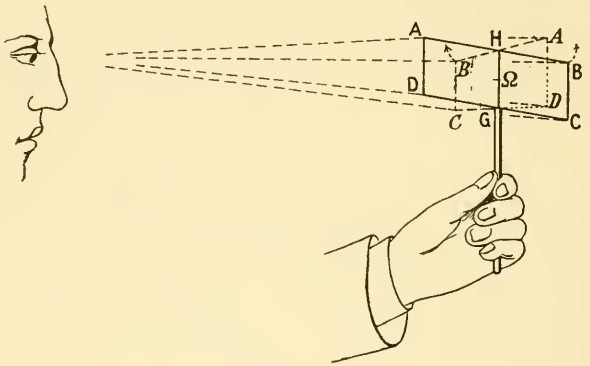


Fig. 1.

man dauernd einen der beiden entfernteren Eckpunkte **B**, **C** des Objektblattes, dann erscheint das entsprechende trapezförmige Trugblatt *ABCD* um die verlängerte Stabachse **GH** gewendet in der teils gestrichelt, teils punktiert gezeichneten Lage. Die nähere Kante *BC* des Trugblattes, die der ferneren Kante **BC** des Objektblattes entspricht, erscheint verkleinert, die fernere Kante *AD* des Trugblattes, die der näheren Kante **AD** des Objektblattes entspricht, vergrößert; und demnach erscheinen die beiden anderen Kanten *AB*, *DC* des Trugblattes nach dem Beobachter hin konvergent. Außerdem erscheint der vor dem Stab befindliche Teil des Trugblattes sehr verkleinert und der hinter dem Stab befindliche Teil sehr vergrößert. Durch sorgfältige experimentelle Beobachtungen hat sich ergeben, daß die entsprechenden Punkte des Objektblattes **ABCD** und des Trugblattes *ABCD* in Geraden liegen, die nach dem Gesichtspunkt, dem ruhenden Drehpunkt des Auges gehen.

Um die Erscheinungen der Gestalttäuschungen an dem Objektblatt geometrisch zu untersuchen wird die durch den Gesichtspunkt und durch die Gerade **GH** bestimmte Ebene die Durchschlagsebene, die auf dieser in **GH** senkrechte Ebene die Neutralebene und der Fußpunkt Ω der von dem Gesichtspunkt auf diese gefällten Senkrechten, der Hauptpunkt genannt. Die Neutralebene ist dadurch ausgezeichnet, daß alle in ihr liegende Punkte, wie die Punkte der Strecke **GH**, trugfrei sind.

Wird bei stetem Fixieren eines der Eckpunkte **B**, **C** der Stab in der ruhenden Hand mit dem Objektblatt gedreht, dann dreht sich das Trugblatt entgegengesetzt um die verlängerte Stabachse **GH**, wie es die an den entsprechenden Punkten **B**, B beispielsweise nach links gewendeten Pfeilen veranschaulichen. Bei dieser Drehung bildet das Objektblatt mit der Neutralebene einen sich vergrößernden Winkel w und das sich entgegengesetzt drehende Trugblatt bildet andererseits mit der Neutralebene einen sich vergrößernden Winkel w, der durch Beobachtungen nicht bestimmbar ist. Während dieser Drehung bleibt das Trugblatt für einen geübten Beobachter bestehen bis es gleichzeitig mit dem Objektblatt in die Durchschlagsebene gelangt, und dann ist $w = w = 90^0$; aber zuweilen durchschreitet mit dem Objektblatt auch zugleich das Trugblatt die Durchschlagsebene, bis es nach einer kleinen weiteren Drehung verschwindet. Wird der Winkel w durch Drehung verkleinert, dann verkleinert sich auch der Winkel w.

Nach mehreren systematisch ausgeführten Beobachtungen ist es zulässig anzunehmen, daß jedem Winkel w ein gleicher Winkel w entspricht. Demnach ist, wenn das Objektblatt sich in der Neutralebene befindet $w = w = o$, und es kann in dieser speziellen Lage das Trugblatt als identisch mit dem Objektblatt aufgefaßt werden. Hiernach ergibt sich, wenn statt des Objektgebildes und des Truggebildes allgemeiner der Objektraum und der Trugraum betrachtet wird, der Grundsatz der Theorie der geometrisch-optischen Gestalttäuschungen.

Bei den geometrisch-optischen Gestalttäuschungen gehen die Verbindungsgeraden der entsprechenden Punkte des Objektraumes und des Trugraumes durch den Gesichtspunkt, und die sich in einer durch den Hauptpunkt gehenden Geraden der Neutralebene schneidenden, entsprechenden Ebenen bilden beiderseits gleiche Winkel mit der Neutralebene.

Nach diesem Grundsatz kann z. B. in Fig. 1 zu einem Punkt **A** in dem Objektraum der entsprechende Punkt A in dem Trugraum bestimmt werden. Einer durch den Objektpunkt **A** und den Hauptpunkt Ω gehenden beliebigen Objektebene und die entsprechende Trugebene schneiden sich in einer Geraden, wie z. B. in **GH**, der Neutralebene, mit der sie beiderseits gleiche Winkel bilden, und die von dem Objektpunkt **A** nach dem Gesichtspunkt gehende Gerade schneidet die Trugebene in dem entsprechenden Trugpunkt A. Wird umgekehrt A als Objektpunkt angenommen, so ergibt sich hiernach **A** als den entsprechenden Trugpunkt. Diese wechselweise Transformation des Objektraumes in den Trugraum und umgekehrt wird auch involutorische Reliefperspektive genannt. Damit ist die Gestalttäuschung geometrisch erklärt, denn es kann hiernach, wenn der Gesichtspunkt und die Neutralebene beide bekannt sind, zu jedem Objektgebilde das entsprechende Truggebilde konstruktiv bestimmt werden.

Wenn in Fig. 1 anstatt des Objektblattes das aus Karton geschnittene und so verkörperte Trugblatt $ABCD$ als Objektblatt monokular durch Fixieren eines der entfernteren Punkte A, D betrachtet wird, dann erscheint das entsprechende Trugblatt in der Form und in der Lage des vorherigen Objektblattes **ABCD**.

Betrachtet man, wie Fig. 2 zeigt, ein auf einem Stab befestigtes, geknicktes rechtwinkeliges Objektblatt **AHBCGD**, dessen Knickkante **GH** in der verlängerten Stabachse liegt und dessen konkave Seite ohne einfallenden Schlagschatten nach dem Beobachter gewendet ist, so erscheint, indem man einen Punkt Ω der Knickkante monokular fixiert, das entsprechende geknickte

Trugblatt $AHBCGD$ mit der konvexen Seite nach dem Beobachter gewendet in der gestrichelt gezeichneten Lage. Der Fußpunkt Ω, der von dem Gesichtspunkt auf die Knickkante **GH** gefällten Senkrechten ist der Hauptpunkt, und die durch **GH** zu dieser Senkrechten rechtwinkelig gelegten Ebene ist die Neutralebene.

Einer Neigung des Stabes, durch die das geknickte Objektblatt nach dem Beobachter hingeneigt oder von ihm weggeneigt wird, entspricht eine entgegengesetzte Neigung der Knickkante des konvexen geknickten Trugblattes. Bei einer Drehung des Stabes

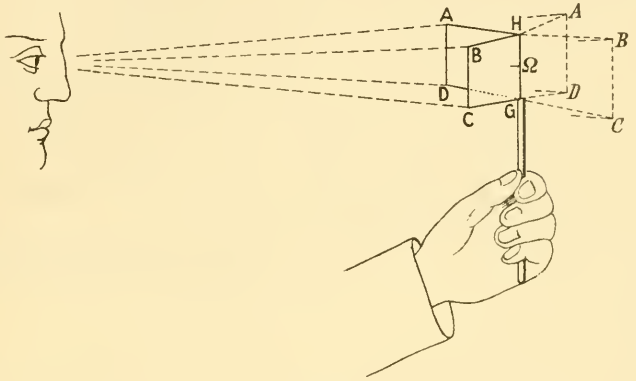


Fig. 2.

dreht sich dann das Trugblatt entgegengesetzt um seine gegen den Stab geneigte Knickkante. In diesen Fällen ist von dem geknickten Objektblatt nur der Stützpunkt **G** trugfrei, und die durch ihn zu der von dem Gesichtspunkt nach dem betreffenden fixierten Punkt gehenden Geraden rechtwinkelig gelegte Ebene ist die Neutralebene. Wenn das geknickte Objektblatt mit der konvexen Seite nach dem Beobachter hingewendet ist, und ein Punkt auf einer der von ihm weggewendeten Kante monokular fixiert wird, dann erscheint das entsprechende geknickte Trugblatt konkav. Nach der Theorie sind die Erscheinungen dieser Gestalttäuschungen im Voraus bestimmbar.

Wird das konkave geknickte Trugblatt auf den Tisch gestellt und der auf den Tisch liegende Eckpunkt der Knickkante fixiert, dann bleiben die beiden vorderen auf dem Tische befind-

lichen Eckpunkte als trugfrei fest, und es erscheint ein konvexes geknicktes schräg gelegenes Trugblatt, welches bei Bewegung des Gesichtspunktes auf diesen festen Eckpunkten gestützt in seltsamen Wallungen sich verändert.

Bei geeigneter Beleuchtung eines Objektgebildes erscheint an dem Truggebilde das Hellbeleuchten in einem auffälligen „verklärten“ Glanz und der Selbstschatten sowie der Schlagschatten in einem unbeschreibbaren eigenartigen Schimmer. Diese Erscheinungen sind noch nicht einwurfsfrei erklärt.

Mannigfaltig gestaltete Truggebilde erscheinen an einer aus drei quadratischen Kartonflächen zusammengefügten konvexen und konkaven Würfelecke, an einem aus Draht bestehenden skelettförmigen Würfel, an einer aus Karton gebildeten Treppe und an den aus Gips hergestellten Hohlformen der R liefs, wenn bei ruhendem Gesichtspunkt diese Objektivgebilde bewegt werden oder bei bewegtem Gesichtspunkt ruhen.

L. Burmester.

Zusatz 16 zu S. 188.

Auf Grund histologischer Studien hat Prof. Stöhr seine Ansichten über den Sehprozeß etwas geändert. Seine neue Auffassung ist kurz entwickelt in dem Artikel über „monokulare Plastik“ im Jahresbericht der Wiener philosophischen Gesellschaft, Leipzig 1910. Stöhr schließt sich der Schefflerschen Theorie der Wanderung der Sehzellen an, sucht aber auch den Mechanismus dieser Wanderung zu ermitteln. Der Hauptprozeß des Sehens wird ins Auge verlegt.

Zusatz 17 zu S. 147.

Bei Gelegenheit des internationalen Physiologenkongresses zu Wien 1910 hatte Professor R. Ewald die Güte mich zu besuchen und seine Apparate und Versuchsergebnisse zu demonstrieren, wodurch mir die letzten Zweifel an der Haltbarkeit dieser schönen Theorie verscheucht wurden.

Zusatz 18 zu S. 205 u. 206.

Eine nähere Untersuchung der von E. Mach beobachteten Farbenerscheinung zeigte, daß von den angegebenen Versuchsbedingungen nur die des indirekten Sehens wesentlich ist, abgesehen von der Stärke und Dauer des Reizes; die kurzdauernde Beleuchtung sowie das zweite fixierte Quadrat sind ganz nebensächlich. Jedes peripher gesehene farbige Licht blaßt schnell zu einem farblosen Eindruck ab und erscheint dann dauernd in der Gegenfarbe. Dieser Sachverhalt entzieht der Aufmerksamkeitstheorie der Erscheinung den Boden. Augenscheinlich ist es aus peripheren d. h. physiologischen Ursachen (Erschöpfung des ursprünglichen Erregungsprozesses etwa) zu erklären; vgl. hierzu: R. Pauli, Über die Beurteilung der Zeitordnung von optischen Reizen im Anschluß an eine von E. Mach beobachtete Farbenerscheinung. Archiv f. d. ges. Psychologie, Bd. XXI, 1911. In der gleichen Arbeit sind auch die von E. Mach herangezogenen Zeittauschungen näher behandelt.

R. Pauli.

Zusatz 18 zu S. 251.

Es ist kaum zu zweifeln, daß eine raschere Hirnentwicklung jede andere körperliche Formvariation unnötig macht und in den Hintergrund drängt. Wer vermöge der Ausbildung seines Großhirns eine Leiter oder einen Hammer erfinden kann, braucht keine Kletterfüße und keine gewichtigeren Fäuste zu erwerben. Er wird durch die bloße Hirnentwicklung der Herr der Welt (vgl. „Populär-wissenschaftliche Vorlesungen“ 4. Aufl. S. 455). Es ist also gewiß unrichtig die Hirnentwicklung im Kampf ums Dasein zu unterschätzen. Man täuscht sich auch leicht darin, daß man gewisse Feinheiten der Intelligenz nur bei Gelehrten, Schriftstellern, Künstlern usw. vermutet und diese wegen ihrer Besonderheit, als für das praktische Leben unnötig betrachtet, wie es im Texte geschehen ist. Der Tartarenfürst Chublai-Chan war gewiß einer der genialsten Despoten. Sollte auch Marco Polo hier und da übertrieben haben, so waren doch die großartigen

Wohlfahrtseinrichtungen, die der Chan in seinem kolossalen Reich geschaffen hat, unbestechliche Zeugen seiner geistigen Größe; sie suchen noch heute ihresgleichen. Hiermit wird eine mir peinliche Differenz mit Petzoldt, „Einführung in die Philosophie der reinen Erfahrung“ II, S. 179 beseitigt.

Zusatz 19 zu S. 264.

Durch seine originellen Untersuchungen über die Begriffe kommt Stöhr meiner Auffassung sehr entgegen in seinem „Leitfaden der Logik in psychologisierender Darstellung“, Leipzig und Wien, 1905 und in seinem „Lehrbuch der Logik in psychologisierender Darstellung“, Leipzig und Wien 1910.

Zusatz 20 zu S. 268.

Der Absatz 12 dieser Auflage, welcher schon gleichfalls als Absatz 12 auf S. 154 mit Ausnahme des letzten Satzes in der ersten Auflage von 1886 stand, mag als Beleg dafür dienen, daß ich ebenfalls, wie Avenarius 1888, auf die Stabilität den höchsten Wert legte.

Zusatz 21 zu S. 270.

Was hier auf S. 268—270 in Absatz 13 steht, bezieht sich auf das, was Driesch („Naturbegriffe und Natururteile“, Leipzig 1904, S. 4f.) die zweite und dritte Stufe des Wirklichen nennt, die ich zwar nicht übersehen, aber nicht besonders benannt habe. Solche Schriften, wie die vorliegende, leiden leicht unter einem Übermaß von Namen.

Sachregister*)

Absolute Maße 279, 280.
—, Beständigkeit 268—271.
Abstraktion 262—266.
Ähnlichkeit, teilweise Gleichheit 37, 38.
—, geometrische 88—90.
—, abstrakte 58.
—, optische 89.
—, des Rhythmus 211.
—, der Tongebilde 232—234.
Ästhetik 97.
Akkommodation 186, 187.
Anachronismen, der Wahrnehmung 206—208.
—, des Traumes 206.
Analogie von Sehraum und Tastraum 111n, 148—159.
—, von Sehraum und Tonraum 226—228, 230—232.
Animismus 44, 79, 80.
Anpassung 25, 67.
—, der Gedanken 256, 259, 265.
—, und Assoziation 82, 83.
Anschauliche Nachbildung 257.
Apoplexie. 143.
Arbeit 262.
Assoziation, Gesetze 192, 195.
—, in der Ästhetik 216.
—, organischer Vorgänge 142.
—, unzulänglich 195, 196, 197.
Asymmetrie d. motor. Apparates 91—93.
Atom 24n, 254, 269.
Aufmerksamkeit 146, 150.
Augenbewegung 138, 144.
—, und Kopfbewegung 108—111.
—, und Wille 106—109.
Augenmuskel 138, 144, 145.
Augenschwindel 113.

Begriffe 262—267.
—, Metamorphose der 69.
Beschreibung 274.
—, in den Elementen 274, 275.
Beständigkeit in der Verbindung 270.
—, der Gedanken 268, 279.
— relative 2.
Bestimmtheit, zureichende 47, 48.
Bewegungsempfindungen 114—137.
—, optisch erregt 117, 118.
—, unerschöpflich 155.
—, Beziehung zur Geometrie 155.
—, antagonistische Innervation 135—137.
—, offene Fragen 115—117.
Bewußtsein 165, 166.
Biologie 69 u. f.
Biologische Aufgabe der Wissenschaft 29, 30.
Blendungsbild 142.
Blinder Fleck 32, 304.
Blutbewegung 71.
Bogengangapparat 126, 127, 128, 131, 132.
Bulbusbeleuchtung 172.

Chemische Lebensbedingungen 85.
—, Lichttheorie 86.
Cupula 127.
Cyclostat 123—126.

Differenzialgleichungen 276.
Differenz, zureichende 48, 267, 268.
Ding an sich 5, 293n, 295n.
Dogma, Einfluß d. 33.
Doppelte Auffassung des Physiologischen 34, 35.
Dynamisches Gleichgewicht 81.

Echidna 134.
Eindeutigkeit 285.
Einheit, psychische 21, 22, 23.
—, praktische 17, 18.
Einsinnigkeit 285, 286.
Elemente 4, 7, 17, 26, 294.
— Gleichartigkeit der 17.

*) Ein n bei der Seitenzahl weist auf die Fußnoten.

Elemente, Funktionalbeziehung der 13, 28, 29, 37, 194.
—, psychisch und physisch 13.
Elementarorganismen 82.
Embryologie, experimentelle 78.
Empfindung an sich 1, 9, 10, 17, 18, 295.
—, Definition 13.
—, einseitige Auffassung 17.
—, funktional an das Hirn gebunden 21, 22.
—, wie weit reicht die 198, 199.
—, der unorganischen Materie 198, 199.
Energie 70, 279, 280.
—, spezifische 101, 135.
—, mindestens 2 d. Tonempfindung 225, 226.
—, psychische 304.
—, Erhaltung der 45, 173.
Erdbeben 257, 258.
Erklärung 273, 274.

Farbenanpassung 78, 79.
Farbenempfindung 84.
—, Entwicklung der 85n.
Farbenlehre 53—57.
Ferne, Nähe 94.
Fernwirkung 76.
Festliegender Raum 110, 111.
Forschungsgrundsatz 50.
Fühlraum 93.
Funktionsbegriff, allgem. anwendb. 74—78, 304.

Gedächtnis 192 u. f.
—, im weiteren Sinne 59, 60.
—, physikalisch erklärt 193—195.
Gefühl 17.
Genie 251, 252.
Geräusch 217—219.
Gesichtsempfindungen 160 u. f.
Gesichtsfeld 14, 15.
Gespensterfurcht 62.

Harmonie 236—242.
Helligkeit und Tiefe 170—174.
Hirnentwicklung 305, 315.
Hören, Theorie, physikalische 219—221, 244—246.
—, physiologische 218, 246—248.
—, phylogenetische 238.
Homodrom, heterodrom 56, 57, 207.
Hühnchen 104.

Ich 2, 10, 11, 14, 15, 19, 20, 290, 291, 293.
—, praktische Einheit 18, 23, 290.
—, unanalysierter Komplex 20.
—, Vergänglichkeit 19, 20.
—, variabler Umfang 10.
Ideal, ethisches 20.
Identische Netzhautstellen 101.
Illusorischer Gegensatz d. Phys. u. Psych. 35.
Illusorische Erklärung der Harmonie 236, 237.
Innervation 107, 142.
Instinkt 71.
Intellekt 161, 162.
—, tierischer überschätzt 161, 162.
Intervall 235, 236.
—, Empfindung des 236, 237.
Introjektion 22n, 42—46.
Intuitive Erkenntnis 260.
Introspektive Psychologie 278n, 283.
Inversion 182—190
Italienische Malerei 190.

Kanibalen 32, 33.
Kausalität 69 u. f., 273.
—, psychische 140.
Kehlkopf 228.
Keimesanlage 64.
Kernfläche 103.
Kinästhetische Empfindung 142.
Klang 217.
Kluft, zwischen Phys. u. Psych. 14, 36.
—, zwischen Ich und Welt 10, 11.
Körper 2, 10, 170, 293, 294.
—, scheinbar starre 189—191.
—, scheinbar flüssige 191.
Kombinationston 220, 248.
Komplexe 2—4.
Konsonanz 217, 222 u. f.
Konsumtion, organische 203, 204, 207.
Kontinuität, des Ich 3, 19.
—, Prinzip der 47, 76, 260, 267.
Kontrast der Heiligkeit 177 u. f.
—, musikalischer 235, 241.
—, der Richtung 184, 185.
Krebse 126, 129.
Krümmung 90.
Kunst, primitive 96.

Labyrinthlos, Frösche, Tauben, Katzen 130.
— Meerschweinchen 132, 133.
Leben und Brennen 82.
—, kindliche Auffassung 79.
Lebendige Substanz 41.
Leib 7.
Lichtempfindung, Mittel der 176—179.

Materie 254, 270.
—, Empfindung der 198, 199.
Maulwurf 133, 134.
Metaphysik 28, 297—300.
Methode, Einseitigkeit der physikalischen 1.
Mittel, der Helligkeit 176, 177.
—, der Raumempfindung 175.
—, der Tiefenempfindung 175.
Moment, mechanisches 261.
Monismus 11, 255.
Musik 215, 216, 228, 249.
—, Entwicklung der 249—251.

Nachbild, posit. complem. 205.
—, Lokalisation 108.

Nähe, Ferne 94.
Niedere Tiere, Rotation 125, 126.
Notwendigkeit 273.
Nystagmus 109, 130, 131.

Oben, unten 93.
Objektive Welt 27, 29, 281, 297.
Ökonomie des Denkens 40.
Ohrmuschel 216.
Orientierung der Inversion 182—184.
Otolithenapparat 126, 128 u. f.

Panpsychismus 198, 199, 295.
Parallaktische Verschiebung 111.
Parallelismus, Prinzip d. 50, 305.
Perspektive 174, 175.
Phantasmen 165—170.
—, Unabhängigkeit vom Willen 169, 170.
—, Intensität d. 165—168.
—, und Assoziation 170.
—, Messung d. 168, 169.
Phonograph 194.
Physik u. Biologie 1, 68, 83, 277.
— u. Psychologie ergänzen sich 277, 278.
Physisches, Verhältn. zur Psych. 12, 13, 36.
Pompeian. Malerei 190.
Positiv und negativ 56, 57.
Problem 261.
Projektionstheorie 31, 103.
Pseudoskopie 184, 185.

Qualität u. Quantität 279—281.
Quantitatives Regulativ 279.

Raum, des Gesichts 84—114, 151, 152.
—, des Tastsinns 111, 112, 183.
—, des Blinden 98, 111, 112, 154.
—, geometrischer 89, 99, 139, 156—159, 282.
—, physischer 159, 287, 288.
—, und Zeit untrennbar 284.
—, als funktionale Abhängigkeit 284.
—, und motorischer Apparat 91.
—, teleologisch betrachtet 148—151.
Reaktionstätigkeit u. Begriff 262—265.
Reaktion, innere 276.
—, äußere 276.
Rechts und links 91—93, 276.
Reflexbewegung 60, 140.
Reliefperspektive 138.
Resonanztheorie, physikalische 244—248.
—, physiologische 246—248.

Schein u. Wirklichkeit 8, 9.
Scheinprobleme 6, 24, 297, 298.
Schematisieren 178.
Schrift 96.
Schwebungen 223—225.
Schwindel 130, 231.
Sehen, aufrecht 31, 102.
Sehrichtung 103.
Sinne, als physikal. Apparate 58, 59.
—, selbständ. Leben derselben 58, 170, 188.
Sinnengedächtnis 166.
Sinnestäuschung 8 n.
Solipsismus 28, 29, 292, 293.
Sparsamkeit, Prinzip der 174.
Sperling 61, 62.
Sprache 216, 229.
Stabilität 268, 305.
Steigung 90.
Substanz, Beständigkeit der Verbindung 268, 270, 271.
—, kindliche Auffassung der 272 n.
—, lebendige 41.
Substanzialität, räumliche 156.
Symmetrie, Arten der 88, 89.
—, physiologische 88, 89, 95—98.
—, geometrische 159.
—, physische 277.

Talent 251.
Tanzmäuse 132.
Taubstumme 122, 126, 131, 135.
Tausendfuß 154.
Teleologie 66, 69 u. f.
—, provisorisch 72, 73.
Tiefe und Helligkeit 170—174.
—, Minimum der Abweichung 176, 177, 183, 184.
Tiefenempfindung 102, 103.
—, Mittel der 176.
—, monokulare 180—182.
Tod 3, 4.
Töne, höchste 216.
—, als Richtungszeiger 217.
—, Reihenbildung 225.
Tonempfindungen 214—252.
Traum 8, 9, 206.
Triebe 63, 64, 196.
Triklines Medium 149.
Tropismen 71.

Übermensch 20.
Übung 65.
Umbildung greift am Individuum an 65.
—, durch das Gedächtnis verbürgt 66, 192.
Umkehrbar, nicht 209, 287.
Unbewußtes 64.
Unpersönliches 19.
Unsterblichkeit, der Einzelligen 19.
—, individuelle 20.
Ursache 70, 79.
—, Mängel des Begriffes 73—76.
Urteil 258—260.

Verschmelzung 224.
Vögel auf Inseln 63.
Vorgänge, problematische im Auge 188, 189.
Vorstellung 163—165, 169.
Vorurteile der physiol. Optik 101—104.

Wahrscheinlichkeit 65, 175.
Weltauffassung, naive 26, 30.
Wille 140.
, und Lokomotion 154, 155.
—, und Augenbewegung 106, 107.
—, Einfachheit 114, 115, 155.
—, kindliche Auffassung 79.
—, Definition 82.
Wirklichkeit 8, 9, 25, 300.
Wissenschaft, biolog. Aufgabe der 41.

Zeit, physiologische 200—213.
—, physikalische 284—287.
—, und Aufmerksamkeit 204, 205.
—, und Blutstrom 210.
Zeit, und Gefühlston 212, 213.
—, und organische Konsumtion 204, 205, 209.
—, im Traum 206.
Zeitfolge der Reproduktion 200, 201.
Zeitperspektive 211.
Zentralorgan 197.
Zufall, kein Aktionsprinzip 65.
Zukunft, Fernwirkung der 78.
Zusammenhang, unmittelbarer 72.
—, mittelbarer 72.
—, d. physik. u. physiolog. Fragen 1, 83, 277.
Zweck, mittelb. Zusammenhang 72, 80.
—, und Umweg 80.

Namenregister*).

Abraham 219n.
Ach, N. 130.
Allen, Grant 85n.
Alexander 131—134.
Aristoteles 70, 72.
Aubert 54.
Auerbach 219n.
Autenrieth 61.
Avenarius 22n, 24n, 38—46, 213, 289, 295.

Bain 142.
Benndorf 85n.
Beer, Th. 161n, 188.
Berg 215.
Berkeley 39, 111n, 295, 299.
Bernoulli, J. 99.
Bethe 161.
Biehl 127.
Breuer 109, 110, 113, 115, 121, 126, 127, 128, 130, 133.
Brewster 52, 53, 142n.
Bridgman, L. 264.
Brown Crum 110, 118, 121.
Brücke 102, 219n.
Brühl 219.
Brückner, A. 304.
Burmester, L. 309—314.
Buttel-Reepen 161, 308.

Carus, P. 291.
Chesselden 112.
Comte 38.
Cornelius, H. 40, 296.
Cornelius, P. 233.
Cossmann 74n.
Cyon 135, 308.

D'Alembert 222n.
Darwin 41, 59, 61, 63, 67, 85n, 197.
Descartes 98, 101, 161.
Diderot 111n, 112n.
Dove 102.
Dreyfuß 132, 133.
Driesch 66, 81, 316.
Dubois 256.
Du Prel 208.
Dvořák 205, 206, 219n.

Emch 98.
Euklid 138, 148, 155, 156n.
Euler 222n, 223n, 237, 250.
Ewald 122, 126, 130, 134, 135, 197, 221, 246, 247, 308, 314.
Exner, S. 119, 186n, 188, 219n, 301.

Fechner 60, 67n, 83n. 172, 205n, 216n, 234n, 101.
Fischer 216n.
Fourier 220.
Forel 161.
Fraunhofer 6, 53n, 258.
Friesach 246.

Gay, Lussac 253.
Geißler 205.
Goethe 1.
Goltz 61, 162, 197.
Gomperz, H. 266, 267.
Govi 101n, 122.
Graber 238n.
Grimaldi 179.
Groth 55.
Gruithuisen 3n
Guldberg 93.
Guye 121.

Haddon 96n.
Haga 179n.
Hammerschlag 131.
Hankel 99.
Harvey 71.
Hauptmann, C. 40, 51n, 74n.
Hauptmann, M. 222n.
Heidenhain 92.
Heller 112n.
Helmholtz 52, 53n, 97, 104, 42, 156n, 215, 217, 218, 219, 220, 222, 223, 224, 226n, 237, 242, 243, 246, 249, 250, 301.

*) Ein n bei der Seitenzahl weist auf die Fußnoten.

Henri, V. 308.
Hensen 73n, 238n.
Heraklit 300.
Herbart 299.
Hering 22n, 24n, 41, 54, 56, 57, 59, 60, 67n, 81n, 82n, 83, 90n, 101n, 102, 104, 114, 129n, 130, 133, 137n, 138, 139, 141, 145, 146, 148n, 150, 226n.
Hermann 200n, 220, 221, 247, 248.
Heron 72.
Herzfeld 55n.
Heymans 51n, 185, 206n.
Hillebrand 104n, 145n, 181n, 305.
Hirth 82n, 112n.
Höfler 45n, 185.
Hönigswald 299.
Holtz 79n, 108.
Hume 3n, 38, 291n, 299.
Huppert 302n.

James 17, 118. 122, 131, 134, 137n, 141, 142, 143n, 144, 146, 148n, 210, 253n.
Jensen 305.
Jerusalem 259n, 264.
Jones, Owen 96.

Kant 24n, 159, 266, 292, 295n, 299.
Kepler 71, 273, 275.
Kessel 228n.
King 142n.
Kirchhoff 41.
Kohlrausch 219n.
König 220, 221.
Kornfeld 210n.
Krause, E. 85n.
Krause, Ch. F. 16n.
Kreidl 109, 126, 129, 130, 131, 132, 134.
Kries, v. 51n, 57n, 267.
Kulke 233.
Külpe 51n, 74n.

Laplace 256.
Leibniz 156n, 223n.
Leonardo da Vinci 54, 55, 169, 234.
Lichtenberg 23. 291n.
Lipps 108n, 214n.
Lissajous 189.
Locke 112n, 260.
Loeb 71, 81, 93, 112n, 126, 161, 180, 183, 185, 187, 198, 201n.
Loewy 111n.
Lubbock, Sir John 122.
Ludwig 54n.

Magnus 85n.
Manacaïne 208.
Mariotte 32, 253.
Marty 85n.
Maxwell 201n.
Mayer, A. 53.
Mayer, R. 279.
Meinong 283n.
Menger K. 81, 305.
Meumann 200n.
Meyer, M. 221n.
Meynert 213.
Mill 76, 295n, 296.
Molière 30.
Molyneux 111n.
Morgan 63. 64.
Moser 194.
Mosso 210.
Müller, J., 1, 22n, 49, 101, 102, 103, 165, 166.
Münsterberg 137n, 141, 142, 144, 200n, 206.
Mygind 131.

Nagel 109, 126, 135.
Newton 41, 53, 76, 99, 142, 251, 273, 275.
Nichols 200n.
Nietzsche 20.

Obermayer, v. 179n.
Oettingen, v. 222, 242.
Ohm 217.
Oppel 118, 223n.
Ostwald 82n, 195n, 304.

Panum 102, 104 178, 187.
Pauli, R. 315.
Pauli, W., 56, 57, 69n, 207.
Petzoldt 29n, 40, 286, 287, 288, 316.
Pfaundler 219n.
Pfeffer 77.
Platcau 111, 118, 119, 182n.
Platon 9.
Polak, A. J. 223n.
Politzer 244.
Pollak, Jos. 126, 131, 135.
Polle 85n.
Poncelet 279.
Popper 16n, 24.
Poulton 79.
Prentiss 129.
Preyer 25n.
Ptolemaeus 101.
Purkinje 109, 152, 205.

Rameau 217.
Reimarus 71.
Reinke 81.
Ribbert 302n.
Ribot 3, 17, 266, 267.
Riehl 25n, 114.
Riemann 148.
Robert, W. 207.
Rollett 61, 302.
Roux 78n, 82n.

Sachs 71.
Sandford 206.

Saunderson 112n.
Sauveur 217.
Schäffer 126, 129.
Schaik, van 73n.
Scheffler 187.
Schlodtmann 104n.
Schmidt, F. J. 5n.
Schnabel 112n.
Schneider 64.
Schopenhauer 1, 67n, 214.
Schumann 200n.
Schuppe 5n, 29n, 38.
Schuster 59.
Scripture 168, 200n.
Seebeck 237.
Seeliger 179n.
Semon 60n.
Smith, A. 41.
Smith, R. 217.
Soret 97, 98, 112n, 118n.
Spencer 59, 64.
Spinoza 38.
Staudt, v. 164.
Steiner 164.
Stern 264n.
Steinhauser 216n.
Stöhr 186. 187, 186, 189, 247, 260n, 314, 316.
Strauß, D. 62
Strehl 131.
Stricker 229, 274n.
Stumpf 51n, 104n, 214n, 221n, 222, 223, 224, 237n, 243, 244, 304.
Sueß 193.
Szily, v. 119n.

Tolstoi 92.
Tschermak 104n.
Tylor 44n, 46.

Uexküll 161n.

Vergil 85n.
Vierordt 119.
Volkmann 41.

Wahle 25n.
Wallaschek 201n, 208n, 212, 213n, 252n.
Wasmann 161.
Weber 67n, 244.
Weismann 19, 60, 64, 65, 251.
Wheatstone 102.
Wiener 79.
Wind 179n.
Witasek 185n.
Withney 263.
Wlassak 41, 46, 148n, 213.
Wollaston 53.
Wundt 142.

Young 53, 217, 249. 279.

Zell 80n, 162.
Ziegler 196n.
Zindler 283n.
Zöllner 184, 185.

Weitere Schriften von

Ernst Mach

Die Geschichte und die Wurzel des Satzes von der Erhaltung der Arbeit. 8°. 58 Seiten mit 8 Holzschnitten. 1871. 2. Aufl. 1909. (J. A. Barth, Leipzig.)

Optisch-akustische Versuche. Die spektrale und stroboskopische Untersuchung tönender Körper. 8°. 110 Seiten mit 39 Holzschnitten. 1873. (J. A. Barth, Leipzig.)

Grundlinien der Lehre von den Bewegungsempfindungen. 8°. 127 Seiten mit 18 Holzschnitten. 1875. (W. Engelmann, Leipzig.)

Zur Theorie des Gehörorganes. Zweiter, unveränderter Abdruck aus dem 48. Bande der Wiener Akademie vom 16. Juli 1863. 23 S. 1872. (J A. Barth, Leipzig.)

Beiträge zur Dopplerschen Theorie der Ton- und Farbenänderung durch Bewegung. Gesammelte Abhandlungen. 34 S. 1874. (J. A. Barth, Leipzig.)

Die Leitgedanken meiner naturwissenschaftlichen Erkenntnislehre und ihre Aufnahme durch die Zeitgenossen. Sinnliche Elemente und naturwissenschaftliche Begriffe. Zwei Aufsätze. 31 S. 1919. (J. A. Barth, Leipzig.)

Die Mechanik in ihrer Entwicklung. Historisch-kritisch dargestellt. 576 Seiten mit 257 Abbildungen. 8. Aufl. 1921. (F. A. Brockhaus, Leipzig.)

Leitfaden der Physik für Studierende. 8°. 249 Seiten mit 328 Abbildungen. 2. Aufl. 1891. (Tempsky, Prag und Leipzig.)

Populär-wissenschaftliche Vorlesungen. 8°. 508 Seiten. 4. Aufl. 1910. (J. A. Barth, Leipzig.)

Die Prinzipien der Wärmelehre. 8°. 484 Seiten. 3. Aufl. 1919. (J. A. Barth, Leipzig)

Erkenntnis und Irrtum. Skizzen zur Psychologie der Forschung. 474 Seiten mit 35 Figuren. 4. Aufl. 1920. (J. A. Barth, Leipzig.)

Kultur und Mechanik. 1915. (W. Spemann, Stuttgart.)

Die Prinzipien der physikalischen Optik. Historisch und erkenntnispsychologisch entwickelt. 8°. 443 Seiten mit 279 Abbildungen. 1921. (J. A. Barth, Leipzig.)

Ueber Ernst Mach sind erschienen:

Die Weltanschauung eines modernen Naturforschers. Von Dr. Theodor Beer. 1903. (Carl Reissner, Dresden und Leipzig.)

E. Mach als Philosoph, Physiker und Psycholog. Von Dr. H. Henning. 1915. (J. A. Barth, Leipzig.)

Die Naturphilosophie E. Machs. Von Dr. M. H. Baege. 1916. (Psychologisch-soziologischer Verlag, Berlin.)

E. Mach. Gedächtnisrede, gehalten in der Soziologischen Gesellschaft in Wien am 26. Juni 1916 von Dr. Rudolf Wlassak. (J. A. Barth, Leipzig.)

E. Machs Ueberwindung des mechanischen Materialismus. Von Dr. F. Adler. (Verlag d. Wiener Volksbuchhandlung J. Brandt & Co.)

E. Mach. Von A. Lampa. 1918. (Verlag Deutsche Arbeit, Prag.

1375-17

University of
Connecticut
Libraries

39153028790931